



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사학위논문

선박유 국제시장 가격의
변동 특성 연구

A Study on Characteristics of
International Bunkering Oil Price

2017년 8월

서울대학교 대학원
에너지시스템공학부
이 재 우

초 록

본 연구는 원유 및 제품유에 대한 동조화, 지역화 및 인과관계에 대한 연구를 선박유(Bunkering Oil)의 가격 변동 특성으로 확장하였다. 전 세계 병커링 수요의 60%를 싱가포르, 미국, UAE, 네덜란드와 한국이 담당하고 있다. 이들 지역에 위치한 병커링 거점 항만간 경쟁으로 인한 선박유의 가격 변동 특성을 실증적으로 연구하였다.

전 세계 선박유 판매량 1, 2위 지역인 싱가포르와 로테르담의 두 가지 선박유와 네 가지 제품유를 연구 대상으로 하였다. 선박유는 HFO(Heavy Fuel Oil) 180 CST¹⁾와 HFO(Heavy Fuel Oil) 380 CST이며 제품유는 납사(Naphta), 고급휘발유(Premium Gasoline), 항공유/등유(Jet/Kerosene), 경유(Gasoil/Diesel)이다. 자료의 분석 기간은 8년으로 2009년 1월부터 2016년 12월까지이며 월별(Monthly) 및 주간(Weekly) 데이터를 분석 하였다. 2008년 급격한 유가 하락 이후 새롭게 자리 잡은 가격 구조를 분석하고자 하였다.

연구 주제인 선박유에 대한 이해를 돕기 위해 해운 시장과 국제 병커링 시장에 대한 소개를 하였다. 해운업계의 기존 연구사례로 병커링 공급 최적가격 결정 요인과 병커링 항만의 결정 제안 관련 논문을 정리 하였다. 원유 및 제품유 분야의 기존 연구 사례로는 원유 시장의 동조성 및 인과관계 관련 논문을 정리 하였다. 자료 분석은 시계열 자료의 안정성 확인, 시차 확인

1) 동점도 (Kinematic Viscosity) : $1 \text{ Stokes}(\text{cm}^2/\text{sec}) = 100 \text{ CST}(\text{Centistokes})$, 점도에 밀도를 곱해주면 동점도(Kinematic Viscosity)가된다. 절대점도는 중력을 고려하지 않은 점도이며 동점도는 중력의 존재하에 나타내는 점도로서 액체의 경우 대부분 동점도를 사용한다.

공적분 검정 및 인과관계 확인의 순서로 진행하였다. 분석 결과를 종합하자면 다음의 세 가지로 설명할 수 있다.

첫 번째 가설은 ‘선박유 시장 가격과 타 석유 제품 시장 가격이 상호 연동 되는가’이다. 각 시장에서 2개의 선박유와 4개의 제품유와 동조성 여부를 검증하였다. 월별 시계열 자료의 안정성 확인, 공적분 검정 등을 진행하였다. 공적분 검정결과 공적분이 모두 존재하여 오차수정모형(VECM)을 통해 가격 간의 장기적, 단기적인 인과관계를 확인하였다. 그랜저 인과관계(Granger causality) 분석결과 싱가포르와 로테르담 모두에서 HFO 180 CST와 HFO 380 CST 가격과 Premium Gasoline 가격은 상호적인 인과관계가 있음을 확인하였다. 싱가포르에서는 HFO 180 CST의 가격이 Naphta, Jet/Kerosene, Gasoil/Diesel의 가격에 영향을 주고 있으며, HFO 380 CST 가격이 Naphta 가격에 영향을 주고 있었다. 다만 HFO 380 CST 가격과 Jet/Kerosene, Gasoil/Diesel 가격과의 인과관계는 확인 할 수 없었다. 로테르담 지역에서는 HFO 180 CST 가격이 Naphta 가격에 영향을 주고 있으며 Jet/Kerosene, Gasoil/Diesel 가격과는 인과관계가 확인되지 않았다. HFO 380 CST 가격은 HFO 180 CST 가격과 동일하게 Naphta가격에는 영향을 미치나 Jet/Kerosene, Gasoil/Diesel 가격에는 영향이 없었다. 선박유 가격은 제품유 가격과 연동되는 경향이 있다. 연동 되는 경우 선박유가 영향변수로 작용하고 있었다.

두 번째 가설은 ‘두 개의 선박유인 HFO180 CST 가격과 HFO 380 가격이 장기적으로 같이 움직이는가’이다. 월간 자료와 주간 자료를 대상으로 Johansen(1991) 공적분 검정을 진행하였고 모두 공적분이 있음을 확인 할 수 있었다. 그러나 오차수정모형(VECM) 검정 결과 월간자료에서는 의미 있는 관측 값을 확인하기

힘들었다. 주간 자료를 분석할 결과 싱가포르와 로테르담 모두에서 HFO 380 CST가격이 HFO 180 CST의 영향을 주고 있음을 확인 할 수 있었다.

세 번째 가설은 ‘싱가포르와 로테르담 두 시장은 선박유 거래에서 같이 움직이는가’이다. 싱가포르와 로테르담의 월간 및 주간 HFO 180 CST 가격과 HFO 380 CST가격 관계에 대한 Johansen(1991) 공적분 검정 결과 모두 공적분이 있었다. 이에 오차수정모형(VECM)으로 인과관계 분석을 진행하였다. 월간단위 자료 에서는 싱가포르의 HFO 380 CST 가격이 로테르담의 HFO 180 CST 가격에 영향을 미치고 있었으며 HFO 180 CST 가격에 대해서는 두 시장 간의 인과관계가 없는 것으로 나타났다. 주간 자료 분석의 경우에는 싱가포르 HFO 180 CST 가격이 로테르담의 HFO 180 CST 가격에 영향을 주고 있었다. 그러나 HFO 380 CST 가격에 대해서는 두 시장 간에 인과관계를 확인 할 수 없었다. 싱가포르의 선박유 가격이 로테르담의 선박유 가격에 영향을 주고 있었다.

본 연구 결과는 친환경 선박 연료의 사회기반시설 구축 정책 검토 과정에서 기존 선박유 시장의 가격적인 경쟁관계를 파악하는데 참고할 수 있는 기초자료로 사용이 가능할 것이다.

주요어 : 선박유(Bunkering Oil), 동조성(Coupling), 인과관계 분석
(Causality analysis)

학 번 : 2015-21328

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구의 배경 및 목적	1
제 2 절 국제해운 및 선박유 시장	3
1. 국제 해운 동향	3
2. 선박의 분류	6
3. 선박유 시장의 소개	15
제 3 절 논문의 구성	26
 제 2 장 기존 연구의 검토	28
제 1 절 선박유 시장의 기존 연구 사례	28
1. 선박유 최적 공급 계약에 관한 연구	28
2. 벙커링 항만 선택에 관한 연구	33
제 2 절 제품유 시장의 기존 연구 사례	36
 제 3 장 연구 방법론 및 분석자료	39
제 1 절 단위근 검정 방법	39
제 2 절 공적분 검정 방법	43
제 3 절 Granger 인과관계 검정 방법	45
제 4 절 분석자료	48

제 4 장 분석 결과	57
제 1 절 가설1 : 선박유 시장 가격과 타 석유 제품 시장 가격이 상호 연동되어 있는가	57
제 2 절 가설2 : 2개의 선박유인 HFO180과 HFO380이 장기적으로 같이 움직이는가	67
제 3 절 가설3 : 싱가포르와 로테르담 두 시장은 선박유 거래에서 같이 움직이는가	71
제 5 장 결과 요약	76
제 1 절 Granger 인과관계 검정 결과 종합	76
제 2 절 연구 결과 요약 및 한계점	80
참 고 문 헌	83
Appendix	87
Abstract	97

표 목 차

[표 1-1] 주요 화물의 해상 물동량 현황	4
[표 1-2] 해상운송의 장단점 비교	5
[표 1-3] 2016년 전 세계 선대 현황	7
[표 1-4] 건화물선의 분류	9
[표 1-5] 용선계약의 분류	12
[표 1-6] Shell Oil사의 탱커선 분류	14
[표 1-7] 해운업계의 탱커선 분류	14
[표 1-8] 2011년 전 세계 10대 병커링 항만의 선박유 판매량 · 16	
[표 1-9] 선박유의 분류	18
[표 1-10] 국제사회의 SO _x 규제 현황	19
[표 1-11] 선박의 싱가포르 항만 입항 목적	23
[표 1-12] 싱가포르의 선박유 판매현황	24
[표 1-13] 로테르담의 선박유 판매현황	25
[표 2-1] 병커링 항만의 주요 경쟁 요소	35
[표 3-1] Granger 인과관계 검정결과 해석 기준	46
[표 3-2] 분석 자료 현황	49
[표 3-3] 분석자료의 수준변수 기초 통계량	52
[표 3-4] 분석자료의 차분변수 기초 통계량	53
[표 3-5] 수준변수에 대한 단위근 검정 결과	55
[표 3-6] 차분변수에 대한 단위근 검정 결과	56
[표 4-1] 싱가포르의 선박유와 제품유간 공적분 검정 결과 ...	58
[표 4-2] 로테르담의 선박유와 제품유간 공적분 검정 결과 ...	59

[표 4-3] 싱가포르의 선박유와 제품유간 인과관계 검정 결과 ..	65
[표 4-4] 로테르담의 선박유와 제품유간 인과관계 검정 결과 ..	66
[표 4-5] 싱가포르와 로테르담의 선박유간 공적분 검정 결과 ..	67
[표 4-6] 싱가포르와 로테르담의 선박유간 인과관계 검정 결과 ..	70
[표 4-7] 동일 선박유간의 공적분 검정 결과	72
[표 4-8] 동일 선박유간의 인과관계 검정 결과	75
[표 5-1] 선박유와 제품유간 Granger 인과관계 검정 결과 종합 ..	77
[표 5-2] 선박유간 Granger 인과관계 검정 결과 종합	78
[표 5-3] 싱가포르 로테르담 선박유간 Granger 인과관계 검정 결과 종합	79

그 립 목 차

[그림 1-1] 주요 연도 해상 물동량 현황	3
[그림 1-2] 선종의 분류	6
[그림 1-3] 2만 1,000TEU급 컨테이너선 조감도	7
[그림 1-4] 초대형 광탄선(VLOC)	10
[그림 1-5] 초대형 유조선(VLCC)	13
[그림 1-6] 2016 Vessel Density Map	15
[그림 1-7] 해상의 배기가스 배출 제한구역	20
[그림 1-8] 선박유 공급 구조도	21
[그림 1-9] 전 세계 주요 병커링 항만 위치	22
[그림 3-1] 2009-2016년 선박유 가격	51

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 배경 및 목적

해상 운송은 무게기준(tonne) 전 세계 교역량의 약 80%이상(U.N. 2012)을 담당하고 있는 전략 산업이며 자본 집약적인 산업이다. 우리나라를 비롯한 주요 해운국가에서는 해운 산업을 육성하기 위해 노력하고 있다. 그러나 해상 운송에 투입되는 선박의 운항원가에서 연료비 비중이 47%¹⁾에 이른다. 선박유 가격이 높아지면 연료비 비중은 80%에 까지 이르게 된다. 이에 선주들은 기항지를 고집하지 않고 선박의 운항중 선박유 공급에 경쟁력 있는 항구를 선택하여 선박유를 공급받고 있다. 이러한 특징들로 인해 전 세계에는 약 400여개의 항만이 존재하지만 상위 10개 항만이 전 세계 병커링의 35%를 담당하고 있다. 싱가포르를 전 세계 1위 병커링 항만으로서 2011년 기준 약 17%의 시장을 점유하고 있다. 2위 로테르담 항만은 약 6%를 점유하고 있다. 선박의 자유로운 항해 특성에 기인한 싱가포르와 로테르담 항만의 선박유에 대하여 동조성, 인과관계 및 특징을 분석하고자 한다.

첫 번째 가설은 ‘선박유 시장 가격과 타 석유 제품 시장 가격이 상호 연동 되는가’이다. 싱가포르와 로테르담은 선박유와 제품유의 대표적인 수출 거점이며 기준 가격이 되는 지역이다. 두 시장 각각에서 4개의 제품유와 2개의 선박유에 대한 동조성 여부를 검증하고자 한다.

¹⁾ Maritime Economics. Martin stopford, 선령(ship age) 5년차 벌크선(Bulk Ship) 을 대상으로 한 OPEX(operating expenses) 분석 결과

이를 위해 월별 시계열 자료의 안정성 확인, 시차분석 및 공적분 검정 등을 진행하였다. 공적분이 존재하는 경우에는 오차수정모형(Vector Error Correction Model: VECM)을 통해 가격 간의 장단기 적인 인과관계를 확인 하였다.

두 번째 가설은 ‘두 개의 선박유인 HFO 180 CST와 HFO 380 CST가 장기적으로 같이 움직이는가이다.’ 일반적으로 HFO 180 CST의 황함유량이 HFO 380 CST에 비해 적다. 황함유량이 적기에 가격도 HFO 180 CST가 조금 높다. HFO 380 CST는 선박의 주력 유종이고 HFO 180 CST는 보조적인 역할을 한다. 같은 선박유 이지만 각기 다른 시장 지위를 갖고 있는 HFO 180 CST와 HFO 380 CST의 동조성을 확인하고자 하였다. 세 번째 가설은 ‘싱가포르와 로테르담 두 시장은 선박유 거래에서 같이 움직이는가’이다. 싱가포르는 유럽과 아시아를 이어주는 항로에 위치하고 있는 다른 항로를 선택할 수 없는 대안 없는 길목인 말라카해협(Strait of Malacca)에 위치하고 있고 로테르담은 주변 유럽 지역에 대한 환적 및 중계항의 역할을 하고 있다. 아시아와 유럽을 운항하는 선박은 싱가포르와 로테르담을 방문할 수밖에 없는 구조를 갖고 있다. 이에 항구 간 경쟁이 발생할 수 있고 두 지역 선박유 가격의 동조성이 있지 않을까 가정하였다. 세 가지 가설에 대한 연구를 진행하여 향후 친환경 연료 도입을 위한 사회기반시설 구축의 정책결정 과정에서 기존 선박유 시장의 가격 구조에 대한 실증적인 근거를 마련할 것으로 기대 한다.

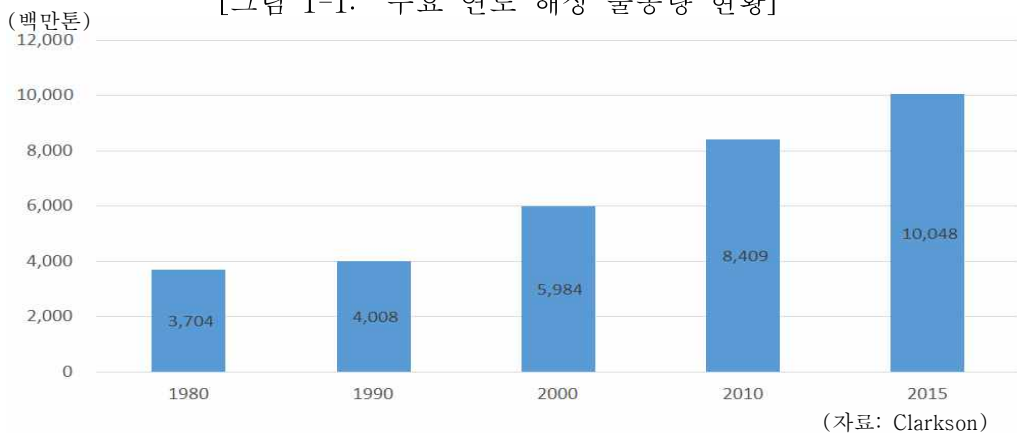
제 2 절 국제해운 및 선박유 시장

1. 국제해운 동향

상선을 이용한 해상운송은 글로벌 교역의 중심에 있다. 2011년 무게 기준으로는 전 세계 국가 간 교역의 80% 이상이 해상운송에 의해 이루어지고 있으며 화물의 가격 기준으로는 70%이상이 해상 운송을 통해 이루어지고 있다(U.N. 2012). 2015년 기준 전 세계 해상 물동량은 100억톤 이상이며 금액으로 환산 시 11조 4,090억 달러 이상에 해당한다 (WTO 2016).

해상 물동량은 1980년도 37억톤에서 2015년 100억톤으로 35년간 약 2.5배 증가하였으며 이를 연평균 복합성장률(Compound Annual Growth Rate : CAGR)로 계산 시 연평균 약 4.1% 성장률과 동일하다. 해상 물동량은 세계경제성장률(World GDP)와 세계상품 교역량의 변동에 밀접한 관계가 있다. 경제성장률, 무역증가율, 및 건화물 증가율은 0.7에 가까운 양의 상관관계를 보여 준다 (지경부 2009).

[그림 1-1: 주요 연도 해상 물동량 현황]



선박을 통해 운송되는 화물은 컨테이너 화물(상품), 5대 건화물(철광석, 석탄, 곡물, 보크사이트¹⁾ 및 인광석²⁾)과 기타 건화물, 탱커화물(원유, 제품유) 구분 할 수 있다. 물품 생산을 위한 원자재의 수입과 생산된 제품의 수출이 모두 해상운송을 통해 이루어지고 있다.

[표 1-1: 주요 화물의 해상 물동량 현황]

화물 구분		단위	2000	2005	2010	2015	CAGR
컨테이너 화물	Container	백만 TEU	66.77	105.09	139.17	175.03	6.6%
건 화물	철광석 (Iron Ore)	백만톤	450.17	661.98	991.18	1363.56	7.7%
	원료탄 (Coking Coal)	백만톤	173.55	180.99	236.77	249.18	2.4%
	연료탄 (Steam Coal)	백만톤	337.91	494.13	665.29	892.50	6.7%
	보크사이트 (Bauxite/Alumina)	백만톤	54.00	70.29	85.45	126.28	5.8%
	인광석 (Phosphate Rock)	백만톤	30.18	30.83	23.40	29.80	-0.1%
	기타건화물 (Minor Bulk)	백만톤	1150.65	1466.19	1577.94	1861.88	3.3%
탱커 화물	원유 (Crude Oil)	백만톤	1676.34	1878.43	1871.87	1874.93	0.7%
	제품유 (Oil Products)	백만톤	561.91	712.63	881.52	1025.16	4.1%
	LPG	백만톤	44.41	51.75	54.77	78.67	3.9%
	LNG	백만톤	102.64	141.96	221.55	249.58	6.1%
	화학제품 (Chemicals)	백만톤	154.62	183.24	230.61	277.00	4.0%

(자료: Clarkson)

- 1) 알루미늄의 원료가 되는 광석으로서, 미국의 보크사이트 광산명을 딴 것이다. 주로 $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ 에 가까운 성분을 가진 함수의 알루미늄이다 (환경공학용어사전, 환경용어연구회, 1996. 4., 성안당)
- 2) 인산칼슘을 다량으로 함유하고 있는 광석을 가리키는데, 대표적인 것으로는 인회석(磷灰石), 인회토(磷灰土), 구아노(guano) 등이 있으며, 인산비료의 원료가 된다 (자연지리학사전, 한국지리정보연구회, 2006. 5. 25., 한울아카데미)

이렇듯 해상운송이 전 세계 국가 간 교역의 중추적인 역할을 수행하는 것은 해상운송이 대량수송, 저렴한 운송비, 원거리 운송, 국제성, 자본집약적이라는 측면에서 선박의 물리적 크기로 인해 항공운송 및 육상 수송에 비하여 대량 수송 및 원거리 수송이 가능하다는 강점이 있기 때문이다. 타 운송에 비해 속력이 느리나 운송비가 타 운송수단에 대해 훨씬 저렴하고 경제적이다. 국제법상 무해통항권에 의해 어떠한 국가의 선박이라 할지라도 특정국가의 영해 통항, 항구 정박 및 적양하에 차별을 받지 않는 국제성을 가지고 있다.

[표 1-2: 해상운송의 장단점 비교]

장 점	단 점
대량수송이 용이	항만시설에 하역기기 등의 설치 필요
장거리 수송에 적합	기후에 민감
저렴한 운송비	운송시간의 장기화
부피, 중량이 큰 화물의 운송가능	타 운송수단에 비해 높은 위험도 존재

(자료: 한국무역협회)

오늘날의 해상운송은 조선기술의 발달, 전자 및 정보통신의 발달 등 계속적인 기술혁신에 의하여 선박운송의 안정성이 크게 높아졌으며 선박의 대형화, 고속화, 전용선화, 컨테이너선화가 크게 진전되면서 점점 더 규모의 경쟁을 추구하고 있다.

2. 선박의 분류

선박은 사용목적, 화물 종류 따라 구분할 수 있다. 선박은 우선 사용목적에 따라 상선, 특수작업선, 군함 및 어선 등으로 나누어진다. 상선은 화물을 나르는 화물선과 사람을 나르는 여객선으로 구분된다. 화물선은 수송하는 화물의 종류에 따라 다시 상품을 수송하는 컨테이너선, 원자재 및 곡물 등 포장이 이루어지지 않는 화물을 수송하는 벌크선(Bulk Carrier : 건화물선), 원유 및 제품유를 수송하는 탱커(tanker)선으로 구분한다.

[그림 1-2 : 선종의 분류]



(자료: Maritime Economics)

국제 항해에 투입되는 되는 선박은 크게 3종류로 컨테이너선, 벌크선, 탱커선 및 건화물선으로 구분 된다. 2015년말 기준 전 세계 상선은 약 92,000척에 18억 4,050만DWT(Dead Weight Tonnage: 재화 중량 톤수)에 이른다. 이중 컨테이너선은 5,214척에 2억 4,460만DWT, 벌크선은 10,779척에 7억 8,540만 DWT, 탱커선은 10,239척에 5억 6,310만DWT 이다.

[표 1-3: 2016년 전 세계 선대 현황]

	척수	톤수(DWT)	비율(톤)
컨테이너선	5,214	2억 4,460만	13%
벌크선	10,779	7억 8,540만	43%
탱커선	10,239	5억 6,310만	31%
기타	65,768	2억 4,740만	13%
합계	92,000	18억 4,050만	100%

(자료: Clarkson)

1) 주요 선종 : 컨테이너선

컨테이너선은 신속한 운송이 요구되는 화물을 취급하기 때문에 다른 종류의 선박에 비해 속도가 빠르다. 컨테이너는 20피트(TEU, Twenty-foot Equivalent Unit)와 40피트(FEU, Forty-foot Equivalent Unit)의 두 종류가 사용된다. 최근 몇 년간 세계 주요 컨테이너 선사들은 규모의 경쟁에서 우위를 점하기 위하여 1만 8,000 TEU급 이상의 선박들을 발주해 왔다. 이는 20피트 컨테이너 1만 8,000개 이상을 수송할 수 있는 선박을 의미한다.

[그림 1-3: 2만 1,000TEU급 컨테이너선 조감도]



(자료: 삼성중공업)

컨테이너선은 정기선으로 분류가 되며 정해진 항구 사이를 정해진 운항일정에 따라 항해하여 주로 완제품이나 반제품 등의 일반화물(general cargo)을 운송하는 것이다. 컨테이너 정기선 서비스는 규모의 경제가 지배하는 시장으로 두 개 이상의 정기선 운항업자가 특정항로에서 상호간에 기업적 독립성을 존중하면서 과당 경쟁을 피하고 상호간 이익을 유지, 증진시키기 위하여 운임, 적취량, 배선, 기타 운송조건에 관하여 협정 또는 계약을 체결한 국제 해운카르텔(cartel)이다. 동맹은 안정된 선복과 안정된 운임을 제공함으로써 운임부담 능력에 따라 탄력적인 운임을 설정하고 화물을 안정적으로 수송하는 긍정적인 면도 있으나, 독점적 성격이 강하여 높은 운임을 부과하거나 유지하려는 부정적인 면도 가지고 있다. 이들은 대부분 대내적으로 운임협정(rate agreement), 배선협정(sailing agreement), 공동계산협정(pooling agreement)등의 방법을 채택하고 있으며, 대외적으로는 동맹외 선사의 활동을 억제하기 위한 조치(fighting ship 운영)를 취하는 한편 화주들을 동맹에 구속하기 위한 각종 계약 제도를 실시하고 있다. 1970년대까지 막강한 위력을 발휘하였던 정기동맹선도 1970년대 후반부터 대만, 우리나라 등 아시아의 개발도상국들과 소련을 비롯한 동구권의 비동맹선사(outsider)들이 적극적인 공세를 취하면서 힘을 잃기 시작하였고, 1984년6월에 미국의 신해운법(shipping act 1984)이 발효되는 것을 계기로 동맹의 기능은 뚜렷이 약화되었다. 뿐만 아니라, 컨테이너화(containerization)의 급진전으로 복합운송(intermodal transport)이 활성화되면서 대부분의 선사들이 Door to Door 서비스를 제공함에 따라 Port to Port서비스를 위주로 한 해운동맹은 경쟁력을

않게 되었다. 80년대 중반부터 태평양, 유럽, 대서양항로와 같은 간선헥로(trunk route)에서는 대형 선사를 중심으로 세계일주서비스(round the world service)및 시계추 서비스(pendulum service)가 늘어나면서 항로마다 특성을 달리하는 동맹에 가입하는 것이 어렵게 된 점도 동맹약화의 한 원인이 되었다.

2) 주요 선종 : 건화물선

건화물선은 철광석, 곡물, 석탄 등을 별도로 포장하지 않고 화물창에 그대로 선적하여 운송하는 선박이다. 건화물선은 다시 수송하는 화물의 종류에 따라 산적화물선, 전용선, 겸용선, 특수선으로 구분한다.

[표 1-4: 건화물선의 분류]

선종	척수
산적화물선	광석, 석탄, 곡물, 비료, 시멘트, 설탕, 소금, 목재 등을 포장하지 않고 그대로 수송하는 선박으로 전용선으로 운영되지 않는 일반 선박
전용선	광석, 석탄, 곡물 등 특정 화물을 전문적으로 수송할 수 있도록 건조된 선박으로, 대부분 적재지 까지 공선으로 간 다음 화물을 싣고 돌아오는 선박
겸용선	전용선의 공선항해 비율을 낮추기 위해 광석, 곡물, 석탄 등의 산적화물과 석유류 중 한 종류의 화물 또는 혼합된 화물을 운송하는 선박
특수선	특정 화물을 수송하기 위하여 특정 설비를 갖춘 선박으로 전용선의 일종임

(자료: Maritime Economics)

[그림 1-4: 철광석을 적재중인 초대형 광탄선(VLOC)]



(자료: Vale)

건화물선은 일반적으로 부정기선의 형태로 운항을 한다. 부정기선(tramper)은 화물이 있을 때 또는 화주의 요구가 있을 때만 화주와 용선 계약을 체결하고 화물이나 항로에 따라 배선하는 운송형태로서, 정해진 항로를 정기적(규칙적)으로 운항하는 정기선과 달리 일정한 항로나 화주를 한정하지 않고 화물의 수송수요에 따라 화주가 원하는 시기와 항로에 선박을 제공하는 형태의 운송서비스이다. 당초 해운업의 초기는 부정기선 형태였으나 국제간의 무역이 크게 늘어나고 조선기술의 발달로 점차 정기선 서비스가 발달되고 있는 추세이다. 부정기선 화물은 대체로 원유, 철광석, 석탄, 곡물, 시멘트 등 저가대량화물로 구성되며, 선박은 화물수요에 따라 수시로 항로를 변경하기 때문에 부정기선 시장은 Global Market을 형성하게 되어 특정 업체의 시장점유율이 높지 않아 정기선과 달리 동맹을 만들 수 없다.

부정기선의 운항주체는 일반 해운회사가 선박을 보유하여 운항하는 일반운송인(common carrier)과 화주 자신이 선박을 소유하여 자기 화물을 직접 운송하는 자가 운송인(private/industrial carrier)의 두 가지 형태이다. 부정기선 운송계약 형태는 정기선의 개품운송계약과는 달리 통상 화주가 필요로 하는 선박에 대해 매항차 당 선적지와 양하지, 운송시기와 운임조건을 감안하여 용선계약서(C/P:charter party)를 작성하여 임대차 계약을 맺는 형태이다. 부정기선의 용선 방법(계약)은 정기(기간)용선, 항해용선, 나용선(선박임대차)의 세 가지로 나눌 수 있으나, 이중 수출입화주가 주로 이용하는 것은 항해용선(계약)이다. 최근 들어 원료의 대량구매를 주로 하는 대량화주와 선박회사간에는 일년 단위 혹은 그 이상의 장기용선계약(long term charter)을 통해 원료의 안정적 수급을 꾀하고 있다.

[표 1-5: 용선계약의 분류]

계약 종류	계약의 특징
항해용선계약	선주와 용선자가 단일항해 운송을 약정하는 것으로 항로, 화물, 기일 등은 이들 당사자간의 약정에 의해 결정된다. 이 경우는 선주가 선박의 의장 및 항해에 대한 모든 책임과 비용을 부담하고 운임은 운송물 수량에 의하든가 또는 사용선복에 의하여 결정한다.
정기용선계약 (기간용선)	일정기간 동안 선박의 전부 또는 일부를 용선하는 계약으로 ㉠정기선사는 급격하게 증가한 수요를 충족시키고자 할 때, ㉡ 용선자는 다시 제3자에게 정기용선 또는 항해용선을 주어 운임의 차액을 얻으려는 상업 목적으로, 그리고 ㉢화주는 일정기간 연속해서 대량의 화물운송이 필요할 때 용선을 한다.
나용선 계약 (선박임대차)	나용선계약(bare boat charter, demise charter)이란 선박자체만을 임차하고 선원, 항세, 수선비, 항해비용, 선체보험료 등 항해에 필요한 일체의 인적, 물적 요소를 용선자가 부담하는 선박의 임대차 계약으로서 운송계약은 아니다.

(자료: Maritime Economics)

3) 주요 선종 : 탱커선

탱커선은 주로 유류, 가스 등의 액체의 상태로 되어 있는 모든 화물을 선적할 수 있는 선박이다. 액체 화물을 적재하기 위하여 배안을 여러개의 구획으로 나누어 적재하여 운송한다. 좁은 뜻으로는 원유선 및 제품선 만을 뜻하기도 하나 본 논문에서는 LPG선, LPG선 및 화학약품운반선을 포함하여 구분하였다.

원유선은 액체를 용기에 담지 않고 선박의 화물창에 운반하도록 (Bulk 상태로) 설계된 선박인 탱커선 중에서 원유를 운반을 주목적으로

하는 선박을 말하며, 유전지역에서 선적하여 정유공장 지역으로 운송하는 역할을 하고 있으며 해양오염 방지를 위해 2011년 이후 부터는 이중선체구조의 선박만 운항이 가능하다. 원유운반선은 거의 단일종의 화물을 운송하므로 여러 종의 화물을 운반할 목적으로 화물창을 여러 개로 분리하는 Product Carrier 나 Chemical Tanker 와는 달리 몇 개의 커다란 탱크만으로 화물창을 구성하고 있다.

제품선은 정유 과정을 거쳐 얻어진 나프타, 항공유, 휘발유, 등유, 경유 및 중유 그리고 각종 윤활유 등을 정유소에서 1차 정제된 유류를 운송하기 위하여 건조되는 선박으로 초대형으로 만들지는 않으며, 보통 4만 톤급의 중형선(panamax 이하크기)이 많이 건조되고 있다. LNG수송선은 액화천연가스(LNG)를 수송하는 선박이다. 큰 저온 단열 탱크를 선체 내에 몇 개 갖추고 있어 내부에는 -160°C 의 LNG가 충전된다. LPG수송선은 액화상태의 프로판 및 부탄(액화 석유가스)을 수송하는 선박이다.

[그림 1-5: 초대형 유조선(VLCC)]



(자료: 현대중공업)

원유선 및 제품선은 선박의 크기에 따라서 Shell Oil사의 분류와 해운업계의 분류가 있다. Shell Oil사는 선박을 7가지로 분류하고 있으며 해운업계에서는 소형 선박을 제외하고 5종으로 분류하고 있다.

[표 1-6: Shell Oil사의 탱커선 분류]

No.	톤수(DWT ¹⁾)	탱커선 세부 구분
1	~16,500 미만	Coastal, Small, Harbour, Lake Tanker
2	16,500 ~ 24,999	General Purpose Vessel (GP)
3	25,000 ~ 49,999	Medium Range Vessel (MR)
4	50,000 ~ 79,999	Large/Long Range 1 (LR1)
5	80,000 ~ 159,999	Large/Long Range 2 (LR2)
6	160,000 ~ 320,000	Very Large Crude Oil Carrier (VLCC)
7	320,000 이상	Ultra Large Crude Oil Carrier (ULCC)

(자료 : Shell)

[표 1-7: 해운업계의 탱커선 분류]

No.	톤수(DWT)	탱커선 세부 구분
1	50,000 ~ 80,000	파나마스(P) : 파나마운하를 통과할 수 있는 최대 크기 배의 폭은 최대 32.2M
2	80,000 ~ 120,000	아프라막스(Aframax ; Average Freight Rate Assessment Maximum) : 운항경제성이 극대화되도록 설계된 선형
3	120,000 ~ 200,000	수에즈막스(Suezmax) : 수에즈운하를 통항할 수 있는 최대 크기의 유조선
4	200,000 이상	초대형 유조선(VLCC ; Very Large Crude oil Carrier) : 수에즈운하가 봉쇄되어 있던 기간 중에 운하통항 조건을 고려하지 않고 운항경제성을 고려하여 출현한 선형
5	400,000 이상	극초대형 유조선(ULCC ; Ultra Large Crude oil Carrier) : 재화중량이 40만 톤 이상으로서 VLCC와 구별하여 부르는 명칭

(자료: Maritime Economics)

1) DEADWEIGHT TONS(재화중량톤수): 만재 배수량과 경하 배수량의 차이로 적재할 수 있는 화물의 중량을 재화중량이라고 한다.

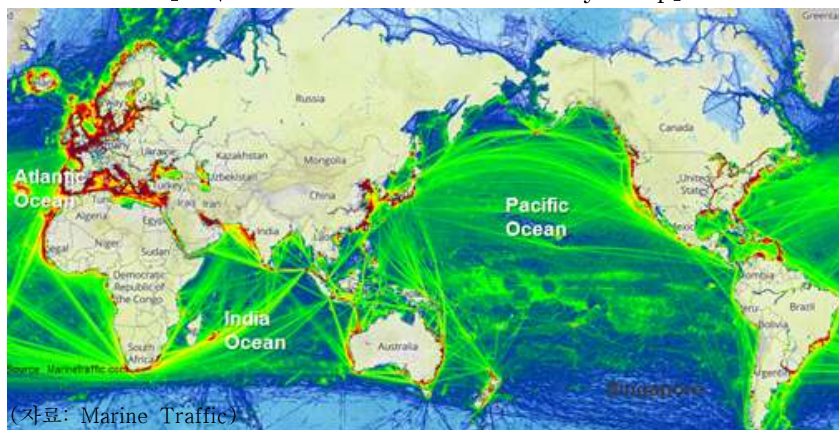
3. 선박유 시장의 소개

1) 병커링 이란?

먼저 해운·조선업계에서 Bunker란 연료를 담는 칸 (COM-PARTMENT)이라는 의미를 가지고 있으며 이 칸을 채우는 일을 병커링 (Bunkering) 이라고 정의 할 수 있다. 소형 유조선으로 선박에 연료유를 보급하는 해상선박급유를 통틀어 지칭한다. 넓게는 운할유 보급까지도 병커링의 범주에 속하지만 본 논문에서는 분석 대상에서 제외하였다.

전 세계에는 약 400여개의 주요 병커링 항만이 존재하지만 싱가포르, 미국, UAE, 네덜란드와 한국이 전 세계 병커링 수요의 60%(OPEC, 2012)를 차지하고 있다. 국가 간 교역 상품을 수송하는 상선은 주요 항로를 따라서 운항하기에 운항 일정과 선박의 연료 탱크의 크기를 고려하여 병커링 항만을 선정할 수 있기 때문에 경쟁력을 갖춘 육상 운송 수단과 달리 국가 간 경계를 넘어서 병커링 항만을 선택할 수 있기 때문이다.

[그림 1-6: 2016 Vessel Density Map]



정기선의 경우 선박의 운항비용에서 병커유가 차지하는 비율이 약 3/4에 해당(Giulia Pedrielli, 2015)한다. 이에 최적의 항만을 선택하는 하는 것에는 병커유 가격의 영향이 중요한 영향을 미치는 것으로 판단할 수 있다. Manuel Acosta(2011)는 병커링 경쟁력으로 지리적 이점, 빠른 병커링 시간, 적은 규제 및 낮은 가격 등이 제시 되었다. Yao etal.(2012)는 정기선의 병커링 항만 선택은 주요 선박유 가격과 서비스 항로의 영향 및 선박의 속도에 영향을 받는 것으로 밝혀 내었다. 선박의 운항 스케줄에서 병커링 시간은 운항 비용 및 수익과 밀접한 관계가 있으므로 병커링 시간을 최소화 하는 것은 스케줄 작성 시 중요한 고려 요소이다. 전 세계 병커링의 60%를 공급하는 주요 국가(OPEC, World Oil Outlook 2015)들에 위치한 전 세계 상위 10여개 항만(Lloyd's Register, 2012)이 전 세계 병커링의 35%를 담당하고 있다.

[표 1-8: 2011년 전 세계 10대 병커링 항만의 선박유 판매량]

	항만	판매량(천톤)	점유율
1	싱가포르 (Singapore)	39,011	16.82%
2	로테르담 (Rotterdam)	13,000	5.61%
3	푸자이라 (Fujairah)	9,500	4.10%
4	안트워프 (Antwerp)	6,108	2.63%
5	홍콩 (Hong Kong)	5,429	2.34%
6	지브롤타 (Gibraltar)	5,047	2.18%
7	부산 (Korea, Busan)	4,559	1.97%
8	서아프리카 (West Africa)	4,100	1.77%
9	도쿄만 (Tokyo Bay)	3,494	1.51%
10	이란 (Iran)	3,135	1.35%
-	기타(Rest of the world)	138,530	59.73%
-	합계(Grand total)	231,913	100.00%

(자료: Lloyd's Register)

2) 선박유의 종류

병커는 원유 정제 과정 중에 나오는 연료 중 가장 저급한 연료를 사용하고 있다. 전체 정제 과정 중에서 약 5%정도가 생산되고 있다. 선박용 중유는 국제적 용어로는 IBF(Intermediate Bunker Fuel)라고도 불리나 병커유를 생산하는 정유회사마다 독자적인 명칭을 사용하고 있고 세부 규격에 따라 다양한 병커유가 존재한다, 점도 등급별로 분류하면 MFO-30/40/60/80/100/120/150/180/240/280/320/380/ 420/500 으로 구분할 수 있다. 대형선박 일수록 높은 점도의 연료유가 요구된다. 중유는 발열량이 높고 가격이 저렴하여 경제적이지만 취급이 어려운 단점을 가지고 있다. 중유는 유동점이 높아 상온에서 굳기 쉬우므로 저장 및 사용 시 약 50℃로 예열하여 연료가 잘 흐를 수 있도록 해야 한다.

본 연구에서는 열량 및 밀도에 따라 많이 판매되는 선박유의 종류를 다음과 같이 4가지로 구분하였다. HFO(Heavy Fuel Oil)380 CST¹⁾은 메인 엔진의 주 연료로 사용되며 정유 기술의 발달과 엔진 성능의 향상으로 HFO 380 CST의 대체 연료로서 점도가 더 높은 HFO 500 CST 의 사용량도 사용량이 증가하고 있다. 참고로 HFO 500 CST는 주로 컨테이너선에서 활용되고 있다.

1) 동점도 (Kinematic Viscosity) : $1 \text{ Stokes}(\text{cm}^2/\text{sec}) = 100 \text{ CST}(\text{Centistokes})$, 점도에 밀도를 곱해주면 동점도(Kinematic Viscosity)가된다. 절대점도는 중력을 고려하지 않은 점도이며 동점도는 중력의 존재하에 나타나는 점도로서 액체의 경우 대부분 동점도를 사용한다.

[표 1-9: 선박유의 분류]

대표명칭	다른 명칭	열량 (MJ/kg)	밀도 (Density)
HFO (Heavy Fuel Oil) 500 CST	HSFO(High Sulfur Fuel Oil) 500 CST, RFO(Residual Fuel Oil), RMG(Residual Marine Fuel Oil Grade) 500, IFO(Intermediate Fuel Oil) 500, MFO(Marine Fuel Oil) 500	40.2	0.99
HFO (Heavy Fuel Oil) 380 CST	HSFO(High Sulfur Fuel Oil) 380 CST, RFO(Residual Fuel Oil), RMG(Residual Marine Fuel Oil Grade) 380, IFO(Intermediate Fuel Oil)380, MFO(Marine Fuel Oil)380	41.7	0.99
HFO (Heavy Fuel Oil) 180 CST	HSFO(High Sulfur Fuel Oil) 180 CST, RFO(Residual Fuel Oil), RMG(Residual Marine Fuel Oil Grade) 180, IFO(Intermediate Fuel Oil)180, MFO(Marine Fuel Oil) 180	40.4	0.96
Distillate Fuels	Diesel, Marine diesel, MGO (Marine Gas Oil), MDO(Marine Diesel Oil), LFO (Light Fuel Oil)	42.2	0.90

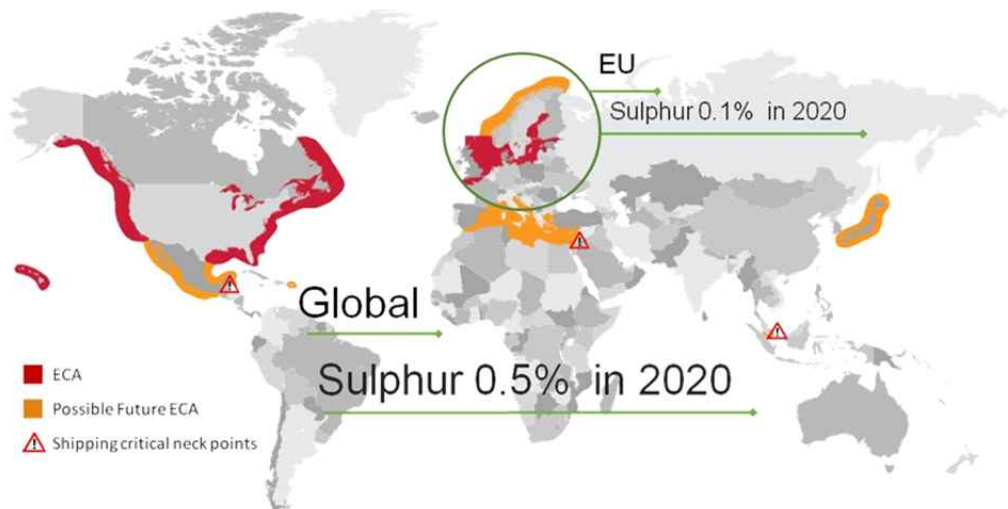
(자료: IEA)

전통적으로 선박유는 황함유량이 1.5%에서 4.5%사이를 유지 하였다. 그러나 국제해사기구(IMO)에서 해상이 환경 보호를 점진적으로 강화하여 2020년 이후에는 황함유량 0.5%미만의 선박유 만을 사용하도록 하고 있다.

[표 1-10: 국제사회의 SO_x 규제 현황]

	Year	Sulphur contents of maritime fuel
Global	Prior to 1 Jan. 2012	4.5% m/m
	After 1 Jan. 2012	3.5% m/m
	After 1 Jan. 2020	0.5% m/m
Emission Control Area	Prior to July 2010	1.5% m/m
	After 1 July 2010	1.0% m/m
	After 1 Jan. 2015	0.1% m/m

아울러 미국 및 유럽 항만 당국은 국제해사기구(IMO)의 기준에 앞서 영해를 배기가스 배출 제한 구역 (ECA : Emission Control Area)로 지정하여 기준을 강화하였기에 ECA지역 입항 시에 해당지역의 기준에 맞는 저유황유로 연료를 바꾸어 운항하여야 한다. 이에 저유황 선박유의 판매가 계속해서 증가하고 있다.

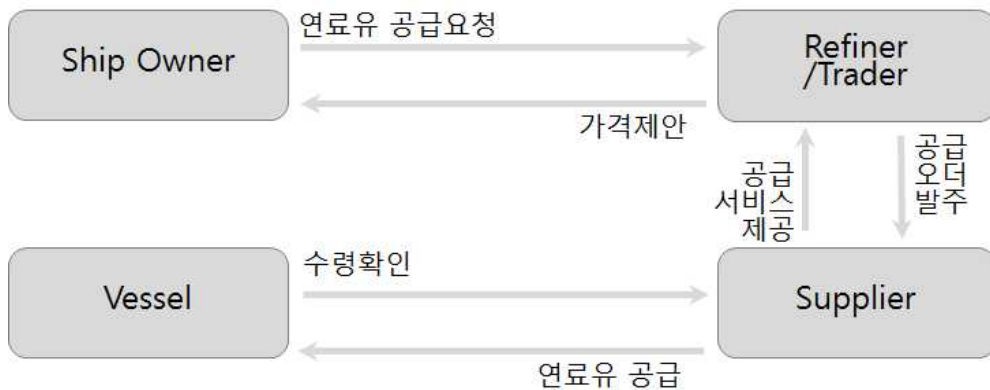


[그림1-7 : 해상의 배기가스 배출제한구역(ECA)]

3) 선박유 공급 구조

벙커유 시장은 3개 그룹의 이해관계자가 존재한다. 선박의 운항을 위해 벙커유를 최종 구매하는 선주, 선주와 벙커유 공급 계약을 체결하는 당사자인 정유사(대부분 오일 메이저) 및 글로벌 트레이더, 벙커유를 받아서 선박에 공급하는 소형벙커링 업체로 구성된다. 선박이 항로를 국경을 넘나 들기에 벙커유를 공급하는 정유사 및 트레이더들도 글로벌 사업 조직을 통해 벙커유를 공급하고 있다. 일반적으로 선주가 벙커링 공급계약을 체결 시 정유사와 트레이더는 벙커유 공급이 가능한 전 세계 항만 모두에서 벙커유를 공급할 수 있도록 한다.

[그림 1-8: 선박유 공급 구조도]



(자료: 한유)

4) 세계 최대의 벙커링 항만 싱가포르

선박은 최적의 항로로 선택하여 운항을 하게 된다. 선박 운항 비용 중 연료유의 비율이 47%(Martin Stopford, 2009)에 이르기 때문에 최적의 항로를 선택하여 연료유의 소비를 줄이는 것이 중요 하다. 최적의 항로를 선택하는 데는 지정학적 제약 조건이 따른다. 다른 항로를 선택할 수 없는 주요 거점이 존재하다. 유럽과 아시아를 연결하는 수에즈 운하와 아시아와 북미 동부 지역을 연결하는 파나마 운하, 그리고 중동지역과 아시아를 연결하는 말라카 해협이 대표 적이다. 싱가폴은 아시아와 유럽을 최단거리로 이어주는 항로에 위치한 말라카해협 입구에 자리 잡고 있다. 말라카 해협을 거치지 않고 아프리카 남단을 통과하게 되면 약 1,600km를 더 운항하기 위해 3일을 소요하게 된다.

[그림 1-9: 2013년 전 세계 주요 벙커링 항만 위치]



싱가포르에 입항하는 선박들의 목적을 구분해 보면 대표적인 허브항만인 싱가포르 항만에서의 화물 환적, 병커링 공급 및 선용품 공급받기 위한 목적 순으로 입항을 하고 있다. 화물 적하역을 위해 선박이 싱가포르에 입항하게 되고 입항후 대기 시간을 이용하여 병커링과 선용품 공급은 동시에 진행할 수 있는 강점이 존재한다. 아울러 싱가포르 항만청에서 제품유의 품질을 유지 하기 위한 절차를 병커링 공급자를 관리하고 있어 품질과 주유량을 믿을수 있다. 이렇듯 병커링 항만이 갖추어야할 강점을 두루 갖추고 있어 세계 최대의 병커링 항만으로서의 입지를 계속해서 지켜 가고 있다.

[표 1-11: 선박의 싱가포르 항만 입항 목적]

(단위 : 척수)

년도	화물적하	병커링	선용품공급	수리	기타	합계
2007	54,844	29,729	18,736	5,995	66,704	176,008
2008	56,729	31,892	20,199	6,588	68,844	184,252
2009	53,376	32,760	20,694	7,200	67,106	181,136
2010	52,548	35,572	21,629	8,631	64,145	182,525
2011	51,515	37,753	22,685	8,235	65,918	186,106
2012	50,562	38,082	24,166	6,657	69,885	189,352
2013	50,288	38,614	26,334	6,881	78,904	201,021
2014	49,890	38,299	27,340	6,335	77,457	199,321

(자료: MPA)

[표 1-12: 싱가포르의 선박유 판매 현황 (단위 : 천톤)]

	Total	MGO	MDO	MFO 180 cst	MFO 380 cst	MFO 500 cst	LSMG O	LSFO 180 cst	LSFO 380 cst	LSFO 500 cst	Others
2008	34,936.4	1,537.5	11.7	2,696.0	25,941.8	4,383.7	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	365.7
2009	36,386.7	1,583.2	11.7	2,205.9	28,425.5	3,689.8	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	470.7
2010	40,853.0	1,596.6	8.5	2,271.9	31,451.5	5,287.7	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	236.8
2011	43,153.6	1,569.6	6.6	1,641.0	34,122.1	5,577.7	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	236.6
2012	42,685.4	1,454.2	2.2	1,247.0	33,685.5	6,225.4	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	71.1
2013	42,682.2	1,182.9	2.0	950.2	32,070.2	7,661.5	190.9	1.8	541.1	15.0	66.5
2014	42,416.8	1,023.8	1.9	747.6	31,812.7	8,106.0	287.4	2.0	412.6	4.9	18.0
2015	45,155.4	936.2	1.5	673.4	34,106.8	8,599.7	784.6	0.5	23.7	0.0	29.2
2016	48,614.5	853.4	0.5	562.3	36,107.9	9,801.1	1,136.7	0.7	126.9	0.0	24.9

주1) 용어 : MDO(Marine Diesel Oil), MGO(Marine Gas Oil), MFO(Marine Fuel Oil), LSFO(Low Sulphur Fuel Oil)

주2) 저유황유는 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)의 황산화물 SOx 규제로 인해 시장이 형성되어
2013년부터 싱가포르 해사청에서 집계하여 발표를 시작함

자료: MPA

5) ECA지역에 위치한 로테르담

유럽 최대의 무역항이며 관문 역할을 하고 있는 로테르담 항만은 ECA지역에 위치하고 있어 선박유로서 기존의 황합유량이 높은 중유(Heavy Fuel Oil)의 판매량이 감소하고 있으며 대신 MGO(Marine Gas Oil)와 MDO(Marine Diesel Oil)의 판매량이 증가하는 모습을 보여 주고 있다. 이러한 이유로 LNG를 선박 연료로 사용하기 위한 프로젝트의 중심지가 되고 있다.

[표 1-13: 로테르담의 선박유 판매 현황 (단위 : m³)]

	Fuel Oil	MGO	MDO	Lubes	Total
2010	11,257.347	520.074	6.108	112.172	11,895.701
2011	11,577.803	528.445	7.275	110.363	12,223.886
2012	10,274.634	552.654	3.725	100.429	10,931.442
2013	9,821.257	507.907	3.271	92.085	10,424.520
2014	9,827.083	670.122	22.707	95.343	10,615.255
2015	8,738.510	1,634.053	167.048	94.857	10,634.468
2016	6,405.473	1,091.581	92.697	74.191	7,663.942

(자료: 로테르담 항만청)

제 3 절 논문의 구성

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 제 1장에서는 선박유 시장의 이해를 제고하기 위하여 선박의 물동량, 선종 구분 및 벙커링 용어의 정의, 선박유 종류 및 주요 벙커링 항만의 특징 등 국제해운과 선박유 시장에 대한 정보를 제시하였다.

제 2 장에서는 최적 벙커링 계약에 대한 의사결정 및 벙커링 항만 결정에 관한 선박유 시장의 연구 사례와 기존 원유와 제품유 가격에 대한 동조성, 인과관계 분석 및 비대칭성에 대한 연구 사례를 정리하였다.

제 3 장에서는 선박유 시장의 동조성, 인과관계를 실증적으로 분석하기 위하여 모형과 방법론 및 분석 자료에 대해 설명하였다. 본 분석은 시계열 자료의 안정성(Stationary)확인을 위한 단위근 검정(Unit-root test)과 공적분 검정(Cointegration test)을 수행하고 이후 인과관계 분석(Causality test)을 진행하는 방식이며 각각의 분석 방법 및 수식을 제시하였다. 분석 자료는 2009년 1월부터 2016년 12월까지의 8년간의 월간(Monthly) 시점 및 주간(Weekly) 평균 자료이며 분석대상 제품유와 선박유에 대한 정보를 포함하였다.

제 4 장에서는 싱가포르와 로테르담의 선박유에 대한 시장의 동조성, 인과관계에 대한 실증 분석 결과를 제시하였다. 첫 번째 가설인 ‘선박유 시장 가격과 타 석유 제품 시장 가격의 상호 연동되는가’, 두 번째 가설인 ‘두 개의 선박유인 HFO 180 CST와 HFO 380 CST가 장기적으로 같이 움직이는가이다.’와 세 번째 가설인 ‘싱가포르와 로테르담 두 시장은 선박유 거래에서 같이 움직이는가’를 확인하기 위해 시계열 자료의 안정성 확인, 공적분 검정 등을 진행하였다. 공적분이 존재하는 경우에는 오차수정모형(Vector Error Correction Model: VECM)을 통해 가격 간의

장단기 적인 인과관계를 확인하였다.

제 5 장에서는 본 연구의 주요 결과를 요약하고 이로부터의 시사점을 도출한 후, 본 연구가 가지는 분석의 한계점과 향후 추가적인 연구 방향을 제시하였다.

제 2 장 기존 연구의 검토

제 1 절 선박유 시장의 기존 연구 사례

병커유에 대한 연구는 본 연구에서 다루고 있는 지역간 동조화, 인과관계 분석에 대한 연구보다는 연료소비량과 연료유 가격의 불확실성하에서 최적 계약 방법과 최적의 병커링 항만을 찾아가는 두 가지 주제에 대하여 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이는 병커유가 선박운항 원가의 47%(Martin Stopford, 2009)이상을 차지하기 때문에 해운 업계에서는 병커유에 대한 비용 부담을 줄이는 연구가 계속되어지고 있기 때문이다. 이러한 연구는 선주 입장에서의 연구이며 본 논문에서의 연구는 정책적인 사회기반시설 구축과 관련한 선박유 가격에 집중한것에서 차이가 발생한다.

1. 선박유 최적 공급 계약에 관한 연구

Christiansen(2007)은 Operating Research Model에 기반하고 선박의 항로와 일정관리를 중심으로 한 의사결정의 방법에 대하여 포괄적으로 기존 연구를 정리하였다. 이 연구의 내용 중 선박유 가격 예측, 병커링 계획, 연료 소비량 등의 병커링 관련 주제가 최근 주목 받고 있다. 이는 2008년 이후 과잉 선박으로 인한 해운 경기의 침체가 이어지고 있어 해운업의 수익성이 급격히 악화되었기 때문이다. 선박의 연료비 절감 등 선박의 운항을 최적화하여 손실을 최소화 하고 해운 시황 회복에 대응하기

위한 해운업계의 움직임을 반영한 연구라 할 수 있다. 대표적인 연구 분야가 운항비의 47% (Martine Stopford, 2009)를 차지하는 병커유의 부담을 줄이는 방법에 초점을 맞추고 있다. Ronen (1982)이 저속운항 (Slow Steaming)을 통한 연료 절약과 그에 따른 항해 기간 연장으로 인한 매출 손실 사이의 절충안을 분석했다. 이 논문에서는 다양한 속도에 따른 단기 최적 운항 속도 결정에 관한 세 가지 모델을 제시하였다. Perakis와 Papadakis (1987a, 1987b)는 적재항과 하역항 사이의 선대 운영 문제와 선박의 속도 최적화에 대해 연구하였다. Brown(1987)은 유조선을 대상으로 선박의 운항 속도 최적화와 밸러스트¹⁾ 항해 구간과 원유를 적재하여 운항하는 구간의 결정과 관련한 일정 관리에 대하여 연구하였다. Bausch(1998)는 Brown(1987)과 유사한 문제를 연구하였다. 벌크 화물의 운송에 대하여 PC시스템에 기반한 선박의 운항 속도 최적화 및 운항 일정을 제안하는 연구를 수행하였다. Wang(2013b)은 병커링 분야에 대한 포괄적인 연구를 진행하였다. 그의 논문에 따르면 Frascatore와 Mahmoodi(2008), Dorward(2001) 및 Menachof와 Dicer(2001)의 병커링 의사 결정에서 병커유 가격과 소비확률(consumption stochasticity)에 대한 헤지(hedge) 방법에 대한 연구는 거의 주목을 받지 못했다. 그러나 Giulia Pedrielli (2014)는 해운업계의 어려운 현실 상황아래에서, 선박유 판매자와 정기운항 선사 모두 연료 공급량 (판매자 관점)과 가격에 대한 통제(판매자와 구매자 관점)를 안정적으로 가져가기 위한 계약체결을 위해 노력하고 있음을 포착하고 구체적으로, 실제 계약에 적용된 일반적인 계약 구조를 고안하기 위해 해상 부문의 여러 정유(Chevron, 2014, TESORO, 2013, Shell, 2011, ENACOL, 2014)의 계약 형태를 분석하였고 이를 통해 최적의 선박유 매매계약을 제안하고자 하였다. 해운업계 관행에 따르면

1) 배의 복원력(復元力)을 유지하기 위하여 화물을 실려 있지 않은 경우 배의 바닥 부분에 Ballast Water를 싣는다.

선박유 공급 계약서에 계약 기간은 명시되지 않고 있으며 해운 업계 전문가에게 확인한바 계약 기간은 1회 서비스에서 최대 2년 계약까지 다양할 수 있다. 첫 번째 계약형태는 선박의 식별번호와(일반적으로 국제해사기구(IMO) 등록번호) 운항 항로 및 운항일정(Port Rotation)가 지정되는 특정 계약을 체결한다. 특정 계약 체결 후 선주의 선대가 증가하면 일반적으로는 연료 공급 계약이 적용되는 선대의 선박이 계약서에 추가로 나열되지만 항로와 운항일정(Port Rotation)은 명시되지는 않았다. 일반적으로 정유 회사가 계약 조건에서 병커유를 제공하는 항만 목록을 모두 제공한다. 해운업계에서 사용하는 병커유의 공급·구매 계약서는 다양한 형태를 갖고 있다(Cachon, 2003a). Cachon (2003a)에서 제안된 분류를 기반으로 계약 매개 변수, 거래 비용 및 계약 기간을 통해 계약 형식을 완전히 분류 하였다(Cachon, 2003a, 2003b): (1) 가변 수량제(Flexible Quantity)는 한 번에 계약 체결(Push Contract) 또는 분리하여 계약체결(Pull Contract)을 한 경우 공급 선박유의 양은(Henig, 1997) 고정되어 있거나 별도의 위약금 없이 판매자가 허용 한 항차 간격(가변 수량)에 따라 달라질 수 있는 계약이다. (2) 유연 가격제(Flexible Price)는 병커유 공급 가격은 고정 가격 또는 시장 가격을 반영한 함수를 사용하여 가격을 책정하는 것이다. (5) 계약 위반 시의 벌칙 조항을 넣어 판매자 또는 구매자 측의 계약을 이행하도록 할 수 있다. 계약 시 예상 되는 주요 고려 사항은 거래 비용을 최소화하기 위해 계약의 한계(Contract Horizon) 및 계약의 주요 변수를 정의하는 것이다. 동 논문에서는 저자가 분석 한 대부분의 문헌 에서처럼 입력 정보로 계약 기간을 가정하였다. Ying Wanga (2014)는 계약 기간의 영향을 수치 적으로 조사하여 반영하였다. 게임 이론은 계약 설계 문제를 해결하기 위해 공급망 문헌에 폭넓게 적용되어왔다 (Cachon, Netessine, 2003; Cachon, 2003a, 2003b, Corbett와

DeCroix, 2001).

Cachon, (2003a, 2003b)연구에서는 기대 손실과 이익이 가정되어 있는 닫힌 계약형태(Closed Form)가 알려져 있다고 가정하고 1차 도함수 조건과 2차 도함수 조건을 적용하여 최적 계약 매개 변수를 계산하였다 일반적으로 수학 프로그래밍 및 샘플 경로 접근법 (Shapiro, 2003)에 기반한 근사 솔루션 방법론은 복잡한 계약 문제 (복잡성이 거래 비용 함수 및 구매자와 판매자에 대한 기대 이익과 관련이 있는 경우)를 해결하기 위해 제안되었다. 이러한 경우에는 예상손실과 이익이 가정되어 알려져 있는 계약형태는 적용 될 수 없다 (Esmaeili 2009, Naimi, 2012). Frascatore · Mahmoodi(2008), Esmaeili (2009), Henig (1997), Naimi (2012), 및 Cachon · Netessine(2003)는 이해 당사자간의 상호 작용은 계약의 성격을 결정짓는 핵심 요소임을 연구에서 언급하였다. 가장 일반적인 접근법 중 하나는 구매자 또는 판매자가 리더(leader) 또는 팔로어(follower)가 되는 계약 협상을 모방한 Stackelberg model 모델을 사용하는 것이다(Cachon · Netessine 2003, Naimi2012). 이러한 접근 방식의 가장 큰 단점 중 하나는 게임이 선택 또는 내버려두기(leave-it-or-take-it) 형식이라는 것이다. 실제로, 리더는 리더가 관심 있는 매개 변수를 설정하게 하는 반면, 추종자는 리더의 선택과 관련하여 매개 변수를 최적화하고 계약 조건을 수락하거나 계약에 동의하지 않기로 결정한다. 보다 복잡한 설정은 진화론적 게임 이론에 기초를 두고 있으며, 협상을 진화 안정적 솔루션 (복제자 동역학 방법)에 도달하기 위해 계약 매개 변수를 선택하는 순차적 프로세스로 모델링 할 수 있다. 또한 제로섬 게임은 비 협업 환경을 모델로 하는 협상 문헌에 널리 퍼져있다(Lewicki, 1991). 이 접근법은 게임에는 단 하나의 스테이지(stage)가 있기 때문에 선택 또는 내버려두기(leave-it-take-it) 게임의 단점을 여전히 가지고 있다. 그럼에도

불구하고, 구매자와 판매자는 그들의 전략 (즉, 그들이 적용하고자하는 계약 조건)을 제안한다. 즉, 아무도 게임을 이끌고 있지 않다. 이 작업에서는 구매자와 판매자 간의 상호 작용을 모델링하기 위해 이 프레임 워크를 참조할 것입니다. Henig(1997)은 할인 수량 계약과 관련하여 최적의 재고 정책 설계와 함께 계약 설계 문제를 해결했다. 이 기여와 관련하여 구매자와 판매자의 상호 작용을 고려한 반면 인벤토리 정책은 고려하지 않았습니다. 이것은 병커링 계약이 전략적·전술적 수준에서 고안된 반면 인벤토리 정책은 항해 속도 및 연료 공급 전략의 선택과 강하게 관련되어 있기 때문에 운영 결정이라는 점에 기인 한다 (Yao 2012, Sheng 2014). 또한, 연구에서 제안하는 계약 양식을 해양 산업에 적용된 실제 계약에서 영감을 얻었다. Naimi(2012)는 도매 가격 계약하에 판매자-소매 업체 문제를 해결하기 위해 양방향 프로그래밍 방식을 제안 했다. 공급 업체-구매자 상호 작용을 모델링하고 더 복잡한 계약이 고려하였다. Corbett(2005)는 간접 재료 공급에 대한 공동이 참여하는 계약을 제안했다. Giulia Pedrielli(2014)는 게임이론 적용을 통해 선박유 가격의 변동성과 연료 소비량의 변동성 관련하여 선박유 판매자와 구매자간의 최선의 전략적 선택을 제시하였다.

선박유가 선박운항원가에서 차지하는 비중이 워낙 높고 계약 당 거래물량이 크기 때문에 선주 입장에서는 단위당 구매 가격을 조금이라도 낮추면 수익개선으로 연결 될 수 있다. 이에 선박유 최적의 가격에서 선박유를 공급받기 위한 다양한 연구들이 계속해서 진행되고 있다.

2. 병커링 항만 선택에 관한 연구

병커링 항만 선택에 대한 주제는 정기선사가 항구에서 병커링을 공급받을 때 병커링 항만의 경쟁력에 영향을 미치는 요인에 초점을 두고 있었다. Acosta (2011)에 따르면 병커링 경쟁력에 영향을 미치는 요인으로선 선박유 가격이 낮고 법적 규제가 적으며 신속한 병커링과 항로상의 지리적 이점을 언급했다. Yao(2012) 사례 연구를 통해 병커링 항만의 결정은 선박의 속도뿐만 아니라 서비스 경로를 따라 병커 연료 가격의 진화에 주로 영향을 받는다는 결론 지었다. 정기선사는 지리적 이점으로 인해 장거리 항해 후 첫 번째 항구를 병커 항으로 선택할 가능성이 높다. 기상 조건, 항구 접근성, 보안 여건, 선박유 공급 능력, 병커링 시설 및 연료 공급 속도를 포함한 병커링 관련 조건은 항구에 정박하는 시간이 짧기 때문에 중요하다. (Notteboom와 Vernimmen, 2009; Wang과 Meng, 2012a). Chang과 Chen (2006)은 가오슝 항의 병커링 경쟁력을 향상시키기 위해 지식 기반 시뮬레이션 모델을 개발했다. 평균 병커링 서비스 시간, 평균 대기 시간, 병커 바지선 사용량 및 선박 이용 효율은 중요한 지표로 언급하였다. 선박유의 종류, 선박유 가격, 도착 및 출발 일정 또한 병커링 서비스를 받기 전에 필요한 중요한 정보로 언급하였다. Dinwoodie(2012)는 이해 관계자 간의 상호 정보 공유가 효율성을 높이고 노출된 병커링 운영의 위험을 감소시킬 것이라고 제안했다. 또한 병커유의 품질은 선박의 취급, 엔진 작동, 병커 소비 및 배기 가스의 환경 영향과 같은 요인들에 영향을 미친다 (Fu 2009, Wang 2012, Yuan 2012, An fi ndsen 2012). 병커링 작업 중 오일 유출과 누출로 인해 환경 오염이 증가하고 청소 비용이 발생 한다. 오염, 화재 및 기타 잠재적인 위험을 예방하기 위한 안전한 병커링 진행은 선박과 항만 모두에게

필수적이다. (You 2008, Dong 2011, Talley 2012). Hu (2005)는 병커링 항만 선택은 연료 품질, 항만세 및 병커링 공급의 효율성에 달려 있다고 지적했다. 정기선사는 외국의 병커링 서비스보다 자국의 병커링 서비스를 선호한다. 병커링 항만 선택 문제를 해결하는 것과 관련된 최근 연구는 항로 (Wang · Meng 2012b), 항만 간 거리 (Wang · Meng 2012c), 선박유 가격 (Kim, 2012), 재고 운반 비용 (Psaraftis · Kontovas, 2010), 주문 발주 비용, 항만 대기 시간이 있다(Du 2011, Qi · Song 2012, Wang · Meng 2012d). 그러나 병커링 작업은 선박 운항 및 병커링 서비스 결합에 바탕하여 다양한 변수를 포함한다(Chang · Chen, 2006). 많은 가설들이 있다 (예를 들어, 서비스에 배치 된 모든 선박은 동 질적이며, 페널티가 발생하지 않으며, 화물 처리 비용이 선박 크기 또는 항로의 길이 등으로 변경되지 않는다) 및 제한 조건 (예 : 알려진 소프트웨어 분석과 관련된 운송 비용, 배출 비용 및 환적 비용, 각 컨테이너 포트의 컨테이너 취급 효율성과 같은 서비스 비용에 따른 각 포트의 포트 시간)을 분석 할 수 있으며 이러한 분석은 정기선사의 선호도를 고려할 수 없다. 여러 가지 대안 중에서 병커링항만 선택에 대한 고정 규칙은 아직 없다. 의사 결정은 단순히 정기선 운송 회사의 선호도를 기반으로 할 수 있지만 이러한 선호도는 종종 포트에 알려지지 않다. 실제 운항에서 예기치 않은 상황으로 인해 대체 연료 유조선을 선택하는 정기 운송 회사의 선호도를 반영한 포괄적 인 규칙을 작성하는 것은 쉽지 않다. Manuel Acosta(2011)는 병커링 경쟁력에 영향을 미치는 요인으로 병커링 가격이 가장 중요하며, 법적 규제는 거의 영향이 없는 것으로 나타났다. Notteboom and Vernimmen(2009), Wang과 Meng,(2012a)의 연구에서 병커링과 관련된 요소로는 기상여건, 항만 접근성, 해상 안전, 항만의 병커유 판매 역량(capacity) 및 병커유 설비 등이 있음을 설명하였다. Chang and Chen(2006)은 카오슝 항만의 병커링

경쟁력을 향상하기 위한 병커링 주요 요소 기반 시뮬레이션 모델을 개발하였다. 이 분석에서 평균 병커링 시간, 평균 대기시간, 병커 바지 이용 및 적하역 안벽의 이용 효율성 등이 매우 중요한 요소로 분석되었다. 또한 연료의 종류, 필요량 및 출도착 일정 또한 중요한 요소 중 하나였다. 이후 Ying Wang(2014)는 15가지의 병커링 선택 주요 요소에 대하여 정리하면서 정기선사 입장에서 최적의 항만을 선택하는 방법에 대하여 연구를 진행하였다.

[표 2-1: 병커링 항만의 주요 경쟁 요소]

구분	요소
1	병커 가격 (Bunker price)
2	항로상의 지리적 이점 (Geographical advantage)
3	병커항만의 병커 능력 (Port bunker fuel capacity)
4	대기시간 (Supply waiting time)
5	병커유의 품질 (Bunker quality)
6	컨테이너 적하역량 (Volume of containers)
7	병커링 절차의 안전 확보 (Safety of bunkering)
8	병커링 공급자 (Port bunker suppliers)
9	항만의 병커링 규정 (Port bunkering supply regulations)
10	관세 (Port tariffs)
11	업계의 정보 공유 (Information sharing among stakeholders)
12	항만의 기상 조건 (Port weather condition)
13	병커유 공급의 효율성 (Efficiency of bunker supply)
14	환경규제 규정의 영향 (Environmental restrictions effects)
15	항만 입항 기간 (Port time)

(자료: Ying Wang(2014))

제 2 절 제품유 시장의 기존 연구 사례

제품유에 대한 연구는 국제 원유 시장에 대한 동조화 연구가 주로 이루어지고 있다. 제품유 시장의 기존 연구사례에서는 국제 원유 시장이 하나의 시장으로서의 특성을 보이는지에 대한 지역화·단일화 논의에 대하여 연구 결과를 중심으로 정리하였다.

Adelman(1984)이 국제 원유 시장이 하나의 단일 시장임을 최초로 주장하였다. 이후 전 세계 원유 시장이 지역적으로 다른 움직임을 보이는지 하나의 단일시장으로서 움직이는지에 관한 연구가 계속해서 이어져 오고 있다. Weiner(1991)는 지역화와 단일화에 대하여 가격적인 측면에서 정의하였다. 어떤 판매자나 구매자가 공급이나 수요를 변경하려 할 경우 시장 참여자의 저항을 받는다며 단일화된(Unified)시장으로 볼 수 있으며, 만약 저항이 없다면 지역화된 (regionalized) 시장이라고 볼 수 있다고 주장하였다. Weiner(1991)가 정의한 저항을 받는다는 의미는 시장의 가격이나 매매에 대해서는 자유롭게 조정이 이루어지지만 초과 수요나 초과 공급이 발생할 경우의 가격 조정은 천천히 진행된다는 것이다. Weiner(1991)는 주요 시장의 가격에 대한 상관관계 분석과 변환회귀모형 검정을 진행하여 국제원유시장이 지역화 되어 있음을 보였다. 이러한 결과는 Adelman(1984)과는 상반되는 결과이다. 이러한 상반된 결과에 대하여 Ripple and Wilamoski(1995)는 Weiner(1991)가 선물 거래의 등장으로 시장 간의 정보 접근성이 높아진 것을 놓쳤기 때문이라고 주장하며 국제 원유시장의 통합화가 진행되고 있다고 분석하였다.

Gülen(1997, 1999)은 공적분 검정 방법론을 제안하여 Weiner(1991)의 지역화에 대한 연구를 검정하고자 하였다. Gülen(1997)은 15개의 유종의 1980년부터 1995년까지의 월별, 주별 가격 자료를 대상으로 공적분의 존재

여부를 검정한 결과, 원유 가격 사이의 장기적인 균형관계가 존재하기에 국제 원유시장이 단일화(Unified)된 시장으로 볼 수 있다고 주장하였다. Kleit(2001)는 차익거래이론을 활용하여 1990년대 이후부터 원유 가격 간의 상관성이 확대되어 국제 원유 시장이 1990년대 이전보다 보다 강력하게 통합되고 있음을 증명하였다. Bachmeier · Griffin(2006), 김진수(2007)는 오차수정모형(Vector Error Correction Model: VECM)을 통해 가격 간의 인과관계를 확인하여 국제원유시장이 통합된 시장임을 증명 한바 있다.

허은영(2005)은 Gulen (1997,1999)의 연구에 이어서 유가밴드제 발표 이전인 1991년 1월부터 2000년 2월의 기간과 발표 이후인 2000년 4월부터 2004년 9월의 월평균 가격 자료를 바탕으로 국제원유 시장의 지역화와 효율성에 대하여 연구를 진행하였다. 연구 결과 Gulen(1997, 1999)의 연구결과와는 다르게 국제원유시장에는 어느 정도 지역화가 존재함을 증명하였다. 이러한 결과는 국제원유가격의 변동성(volatility)이 높으며 시장의 비효율성으로 인한 지역화가 존재하는 국제원유 시장 간의 차익거래(arbitrage trading)의 가능성이 있을 수 있음으로 귀결되었다. Bachmeier · Griffin(2006)은 오차수정 모형을 통하여 국제원유시장의 통합(Integration)정도에 대하여 연구하였다. 기존의 시장의 통합을 확인하는 방법에는 공적분 검정을 통한 장기 균형관계 확인이 유용하지만, 이러한 방법은 시장 통합에 대한 부분만을 확인할 수 있는 한계가 있으며 어느정도 시장이 단일화 되었는지 확인할수 있는 방법론으로 오차수정 모형을 제안하였다. 공적분 벡터로 구성된 오차 수정항의 계수는 장기적 균형 관계로의 회귀 속도를 나타내기에 시장간의 통합 정도를 확인하는 수치로 활용될수 있다는 제안이었다. Bachmeier and Griffin(2006)은 WTI유와 Brent유의 1990년부터 1999년 6월 일별 가격 자료를 대상으로 오차수정 모형분석하여 국제 원유 시장이 통합되었음을 주장하였다. Bachmeier ·

Griffin(2006)의 연구에서 언급한바와 같이 기존의 공적분 검정만으로는 시차를 고려하여 각 시장의 지역화를 검증할 수 없다. 또한 Bachmeier and Griffin(2006)의 오차 수정 모형을 사용한 분석도 장기균형관계가 성립하지 않는 시장가격에 대해서는 적용할 수 없으며, 오차수정항의 계수로 표현되는 장기 균형으로의 조정 속도로는 상대적인 비교만 가능하고 두 시장이 어떠한 관계와 시차를 가지고 움직이는가는 분석할 수 없다. 이러한 문제점을 해결하고자 김진수·허은녕(2007)은 공적분 검정과 함께 인과 관계 분석을 사용하여 국제원유시장의 지역화를 분석을 제안하였다. 이러한 경우 국제 원유 가격의 선행관계와 시차를 고려하여 분석을 진행하기 때문에 장기적인 균형관계와 더불어 지역화 및 동조화 여부를 판단 할 수 있는 유용한 정보를 제공 한다.

이와 같이 원유 시장의 지역화 및 동조화 연구가 지속적으로 이루어지는 것은 시장의 통합 여부 및 정도에 따라 시장의 변동성에 따른 시장의 비효율을 최소화하기 위한 방안이 상이할 수 있기 때문이다. 즉 실증분석의 결과가 개별 기업의 사업적 판단 및 국가의 정책의 수립에 있어 유용한 결과로 사용될 수 있기 때문이다.

제 3 장 연구 방법론 및 분석자료

본 장에서는 본 논문의 실증 분석에서 사용한 분석 방법론을 소개하고자 한다. 실증 분석을 진행한 차례대로 시계열 자료의 안정성(Stationary)을 확인할 수 있는 단위근 검정(Unit Root Test)과 변수 간의 장기적인 균형 관계를 확인할 수 있는 공적분 검정(Cointegration test)이 시행하였다. 이후 변수 간의 장기적인 균형관계가 존재하는 경우, 두 변수 간의 장·단기적 인과관계를 확인할 수 있는 모형인 오차수정모형(Vector Error Correction Model)을 통해 동조화 여부에 대한 확인을 진행하였다. 장기적인 균형관계가 존재하지 않을 경우에는 벡터자기회귀모형(Vector Autoregressive Model)을 이용하여 차분된 변수 간의 단기적인 인과관계를 확인할 수 있으나 본 연구 자료에서는 모든 변수간의 관계에서 공적분이 확인되어 오차수정 모형만을 사용하였다. 다만 향후 연구와의 연속성을 고려하여 벡터자기 회귀 모형은 분석 방법론으로 포함하여 소개하였다.

제 1 절 단위근 검정 방법

시계열 자료에 대한 회귀 분석을 진행하기 위해서는 시계열 자료가 안정적(Stationary)이어야 한다. 시계열 자료가 안정적(stationarity)이라는 것은 시계열 자료가 시간이 지나도 시계열 자료가 유한한 분산을 갖고 있고 시계열의 평균치 및 공분산이 시간의 흐름에 따라 변하지 않아 결과적으로 자료가 평균으로 회귀하는 특성을 가지고 있다고 정의한다. 안정적인 시계열은 일시적인 충격에 의하여 시계열변수가 장기균형으로 부터

벗어났더라도 시간의 흐름에 따라 다시 장기균형으로 복귀하려는 경향을 보여준다. 안정적인 시계열은 평균값이 표본의 기간에 따라 변화가 크지 않으며, 일시적인 충격이 오더라도 평균으로 복귀하려는 성질을 갖고 있기에 평균 주위에서의 변동폭이 대체로 일정한 시계열이라고 할 수 있다. 안정적인 시계열을 자기상관함수(autocorrelation function)로 나타내어 보면 함수 결과 값이 시차가 증가함에 따라 급격히 감소함을 확인할 수 있다.

반면에 불안정한 시계열은 시간의 흐름에 따라 평균값이 변하기에 특정한 시계열 구간에 대하여 평균의 개념을 적용할 없다. 따라서 안정적인 시계열에 주어지는 무작위적인 충격은 오직 단기적인 영향을 남기고 사라지는데 반해 불안정한 시계열의 경우에는 충격이 누적되어 충격 이후의 결과에 계속적인 영향을 미친다. (이사영, 2006).

시계열 자료에 대한 안정성을 검정하는 방법으로 많이 사용되는 방법으로 많이 사용되는 검정은 1차 자기회귀모형을 기반으로 모형의 차수(order)를 일반화하여 단위근을 검정하는 ADF(Augmented Dickey-Fuller) 검정과 오차항의 약 의존성(weakly dependency)과 이분산성제약을 완화하여 단위근 검정하는 Phillips-Perron(PP)검정 방법(Phillips and Perron,1988)이 있다.

1. ADF 단위근 검정 방법

DF (Dickey - Fuller) 단위근 검정 방법은 시계열 변수가 AR(1)이고 오차항이 (ϵ_t) 이 d서로 독립항등분포 (iid, independent and identically distributed)를 만족하며 동일한 (공)분산을 갖는다는 가정에 의존한다. 그러나, 일반적으로 추정결과 얻어지는 잔차항은 대부분 자기상관을 나타낸다. 이러한 자기상관의 영향을 제거하기 위해 차분추가항(ΔY_{t-1})을

추가한 검정방법이 ADF 단위근 검정 방법 (Dickey and Fullers, 1979)이다.
ADF 단위근 검정에 사용되는 모형은 다음 세 가지 이다.

$$\text{Model I : } \Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta Y_{t-1} + \epsilon_t$$

$$H_0 : \gamma = 0, \quad H_1 : \gamma \neq 0$$

$$\text{Model II : } \Delta Y_t = \alpha + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta Y_{t-1} + \epsilon_t$$

$$H_0 : \alpha = \gamma = 0, \quad H_1 : \alpha \neq 0, \gamma \neq 0$$

$$\text{Model III : } \Delta Y_t = \alpha + \beta t + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta Y_{t-1} + \epsilon_t$$

$$H_0 : \alpha = \gamma = \delta = 0, \quad H_1 : \alpha \neq 0, \gamma \neq 0$$

위의 세 모형 중 Model I은 가장 단순한 형태의 모형으로 추세나 절편항을 포함하지 않는다. Model I의 귀무가설을 기각하지 않으면 표류가 없는 확률적 보행 (random walk with no drift)라고 판정한다. Model II는 절편항을, Model III은 절편항과 확정적 추세를 갖는 모형이다. ADF 단위근 검정 방법은 잔차항을 자기상관 영향을 제거했다는 장점이 널리 사용되고 있지만, 제2종 오류를 범할 확률이 크다는 단점이 지적되고 있다. (Schwert, 1989)

2. PP단위근 검정 방법

PP 단위근 검정 방법(Phillips and Perron, 1989)은 오차항이 자기상관뿐만 아니라 이분산 현상까지 갖는 경우를 상정하여 단위근 검정을 실시하는 방법이다. 기본적인 모형은 DF 단위근 검정 방법에서 사용한 모형과 같지만, 두 단계에 걸쳐 검정을 시행한다는 차이점이 존재한다. 첫 번째 단계에서 DF 단위근 검정 통계량을 계산한 후 두 번째 단계에서는 추정된 오차항의 분산값을 이용하여 DF 단위근 검정 통계량을 변환시킨다. 이 두 번째 단계를 통해 자기 상관과 이분산 현상의 영향을 제거시킨 검정 통계량을 이용해 단위근 검정을 실시한다.

PP 단위근 검정 방법은 제2종 오류를 범할 확률이 작아 높은 검정력을 갖는다는 장점이 있다. 하지만, 자기 상관이 심할 경우 제1종 오류를 범할 확률이 크다는 것이 단점으로 지적되었다. 또, 휴한 표본에서는 PP단위근 검정 방법이 ADF 단위근 검정 방법보다 검정력이 떨어 질수 있다. (Schwert, 1989)

단위근 검정을 위한 각 검정 방법이 장점과 단점을 모두 가지고 있다, 따라서 본 연구에서는 ADF 단위근 검정과 PP 단위근 검정을 모두 실시한후, 두결과를 종합적으로 고려하여 단위근 검정 결과를 판단하였다.

제 2 절 공적분 검정 방법

단위근을 갖는 시계열들의 선형결합이 단위근을 갖지 않는 안정적인 시계열을 형성할 경우에 해당 시계열들은 공적분 관계에 있다고 말한다. 예를 들어 단위근을 갖는 $I(1)$ 의 두 시계열 x_t 와 y_t 가 있다고 가정하자. 일반적으로 두 시계열의 선형 결합인 $z_t(=x_t - \beta y_t)$ 역시 단위근을 갖는 $I(1)$ 이 된다. 그러나, z_t 가 $I(0)$ 이 되게 하는 β 가 존재하는 경우가 발생할 수 있는데, 이때 두 시계열 간에는 공적분이 성립한다면, 두 변수의 선형결합이 안정적인 시계열을 형성하고 이에 따라 장기적인 균형관계가 존재한다고 판단할 수 있다. 이러한 개념은 Engle and Granger (1987)에 의해 제시되었으며, 대표적인 공적분 검정 방법은 Engle and Granger (1987) 공적분 검정 방법과 Johansen (1988) 공적분 검정 방법이 존재한다.

공적분 검정의 장점은 각 시계열이 가지고 있는 정보를 그대로 사용할 수 있다는 것이다. 시계열 자료를 분석할 때 단위근을 갖는 시계열은 차분을 통해 안정화하는 과정이 선행된다. 하지만 이렇게 차분을 할 경우에는 해당 시계열이 가지고 있는 장기적 정보가 사라진다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완할 수 있는 분석 방법이 바로 공적분 검정 방법이다. 공적분 검정을 이용할 경우 원래의 시계열을 차분없이 사용할 수 있어 자료가 갖고 있는 정보를 그대로 사용할 수 있다는 장점이 있다.

본 연구에서는 Johansen(1989) 공적분 검정 방법을 사용하였다. Johansen 공적분 검정 방법은 벡터자기회귀모형을 바탕으로 공적분 관계를 검정하는 방법이다. $I(1)$ 인 벡터 y_t 를 차분항 (Δy_t) 과 장기균형항 (Πy_{t-1}) 으로 나누어 모형을 구분하며, 식으로 나타내면 (식1)과 같다. 벡터자기 회귀모형에서 $I(1)$ 인 변수들의 장기적인 균형관계를 나타내는 Π 에

대한 위수(rank)의 개수가 공적분 관계 개수가 된다.

$$\Delta y_t = \Pi y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-i} + Bx_t + \epsilon_t \quad (1)$$

Johansen 공적분 검정 방법의 장점은 크게 두 가지가 된다. 첫째는 다변량 공적분 검정이 가능하다는 것이다. 벡터자기 회귀모형을 이용하기 때문에 두 개의 변수뿐만 아니라 세 개 이상의 변수가 존재하는 모형에 서로 사용이 가능하다. 두 번째 장점은 변수들 간의 종속 관계에 상관없이 동일한 검정 결과를 제공한다는 것이다. Engle and Granger(1987)의 공적분 검정 방법은 어떤 변수를 종속 변수로 설정하였는지에 따라 검정 결과가 달라 질수 있는데 이러한 한계점을 보완한 검정 방법이다. 따라서 본연구에서의 선박유와 제품유간, 시장 간의 종속관계가 명확하지 않은 경우에 더 유용하게 사용 될 수 있는 검정 방법이다.

제 3 절 Granger 인과관계 검정 방법

전통적인 회귀분석에서는 경제이론에 의하여 독립변수와 종속변수를 미리 정하고 분석을 실시하였다. 그러나 원인과 결과가 불분명한 경우 또는 배경이 되는 이론이 존재하지 않는 경우에는 독립변수와 종속변수를 미리 정하기가 어려우며, 모형 설정의 오류가 발생할 수 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 시차분포모형을 이용하여 원인과 결과를 확인할 수 있는 검정 방법이 Granger (1969)에 의해 제시되었다.

1. VAR를 이용한 Granger 인과관계 검정 방법

Granger 인과관계를 검정하기 위해 단위근이 없는 $I(0)$ 시리즈 시계열 X 와 Y 에 대하여 식(2)와 식(3)과 같이 2변수 벡터자기회귀 (VAR)모형을 상정 하자

$$Y_t = \gamma_1 + \sum_{i=1}^m \alpha_{1,i} X_{t-i} + \sum_{j=1}^m \beta_{1,j} Y_{t-j} + \epsilon_{1,t} \quad (2)$$

$$X_t = \gamma_2 + \sum_{i=1}^m \alpha_{2,i} X_{t-i} + \sum_{j=1}^m \beta_{2,j} Y_{t-j} + \epsilon_{2,t} \quad (3)$$

위 두식을 각각 한번은 제약 조건 없이 추정하고, 한번은 $\alpha_{1,i} = 0 \quad \forall i$, $\beta_{2,j} = 0 \quad \forall j$ 이라는 제약조건하에서 추정한다. 위의식을 β 를 추정한 결과 $\alpha_{1,i} = 0 \quad \forall i$ 조건하에서 회귀오차 제곱 합이 제약식이 없는 상황에서의

회귀오차 제곱 합보다 유의미하게 작은 경우 X 가 Y 를 Granger 인과한다고 말한다. 또 아래식을 추정한 결과 $\beta_{2,j}=0 \quad \forall j$ 조건 하에서의 제곱합이 제약식이 없는 상황에서의 회귀오차 제곱의 합보다 유의미하게 작은 경우 Y 가 X 를 Granger인과한다고 표현한다. 즉, 이 검정 방법에서의 귀무가설은 다음 식 두 개와 같으며, 각 귀무가설의 기각 및 채택 결과를 다음표 [표 3-1]과 같이 해석 할 수 있다.

$$H_0 : \alpha_{1,i} = 0 \quad \forall i \quad (4)$$

$$H_0 : \beta_{2,j} = 0 \quad \forall j \quad (5)$$

[표 3-1 : Granger 인과관계 검정결과 해석 기준]

구분	$H_0 : \alpha_{1,i} = 0 \quad \forall i$	$H_0 : \beta_{2,j} = 0 \quad \forall j$	인과관계
Case 1	기각	채택	$Y \leftarrow X$ 단방향
Case 2	채택	기각	$Y \rightarrow X$ 단방향
Case 3	기각	기각	$Y \leftrightarrow X$ 양방향
Case 4	채택	채택	인과관계 없음

검정 결과 공적분이 존재하여 변수 간 장기균형이 성립되면, 벡터오차수정모형을 통해 그랜저 인과관계를 검정할 수 있고, 공적분이 존재하지 않는 경우, 1차 차분된 VAR 모형을 이용하여 그랜저 인과관계를 확인할 수 있다.

2. 벡터오차수정모형(Vector Error Correction Model : VECM)

시계열 X와 Y가 I(1)시리즈 이고, 두 변수 사이에 공적분 관계가 성립한다면 식 (2)와 식 (3)의 Granger의 대표성 정리 (1987)에 따라 오차수정모형 형태인 식 (6)과 식(7)로 표현 할 수 있다.

$$\Delta Y_t = \gamma_3 + \sum_{i=1}^{m-1} \alpha_{3,i} \Delta X_{t-i} + \sum_{j=1}^{m-1} \beta_{3,j} \Delta Y_{t-j} + \delta_3 ECT_{t-1} + \epsilon_{3,t} \quad (6)$$

$$\Delta X_t = \gamma_4 + \sum_{i=1}^{m-1} \alpha_{4,i} \Delta X_{t-i} + \sum_{j=1}^{m-1} \beta_{4,j} \Delta Y_{t-j} + \delta_4 ECT_{t-1} + \epsilon_{4,t} \quad (7)$$

$$ECT_t = Y_t - \alpha_0 - \beta_0 X_t \quad (8)$$

위와같이 벡터오차 수정 모형으로 표현하면, 단기적·장기적 인과관계를 각각 검정할 수 있다는 장점이 있다. 또한 단기적·장기적 인과관계가 동시에 존재하는 강 인과관계(Strong Causality)도 파악할 수 있다. 단기적 인과관계가 존재한다는 것은 종속변수의 변화를 설명하기 위해 설명변수의 변화에 대한 과거 시차변수 추가 시, 모형의 설명력이 통계적으로 유의미하게 개선되었음을 의미하며 장기적 인과관계가 성립한다는 것은 종속변수와 설명변수의 장기적 균형관계를 나타내는 오차수정항(Error Correction Term)이 통계적으로 유의함을 의미한다. 이는 외부충격 발생 시, 종속 변수의 변화는 오차수정항의 계수의 크기에 따른 속도로 두 변수의 장기균형으로 회귀함을 의미한다. 본연구의 변수는 모두 공적분 관계가 존재하여 VECM을 사용하여 분석을 진행하였다.

제 4 절 분석자료

본 연구에서는 싱가포르와 로테르담의 4개 제품유(Naphta, Premium Gasoline, Jet/Kerosene, Gasoil/Diesel) 및 대표적인 선박유 2개(HFO380 CST, HFO180 CST)의 2009년 1월부터 2016년 12월까지 8년간의 월간 시계열 가격 자료(monthly time series price data)와 주간 시계열 자료(weekly time series price data)를 분석 대상으로 하였다. 월간 자료는 OPEC Monthly Oil Market Report에서 발췌하여 정리하였고 주간 자료는 해운조선 정보 DB인 Clarkson Shipping Intelligency Network에서 구하였다. 월간 자료는 Cargo FOB(Free on Board : 수출항본선인도 가격) 가격이며 주간 자료는 주요항만에서 판매되는 소매가격이다. 월간자료 및 주간자료 모두 자료원에 가격이 US\$로 표시되어 있어 별도의 환율 변환 과정을 거치지 않았다. 월간 단위 자료는 배럴당 가격이며 주간 단위 자료는 톤당 가격이다. 월간 단위의 선박유를 선박유A라 분류하였고 주간 단위의 선박유를 선박유B로 분리하였다. 분석대상 자료의 세부 현황은 [표 3-2]와 같다. 선박유A는 가설 1의 검정을 위해 선박유와 제품유의 상호 연동성 분석을 위해 사용하였고 선박유B는 가설 2의 HFO 380 CST와 HFO180 CST의 장기적 연동 관계를 분석할 때와 가설 3의 두 항만 간 선박유의 움직임을 비교할 때 사용한다. 이를 통해 가설 2와 3의 검증에서 월간 단위의 분석 결과와 주간 단위의 분석 결과를 함께 소개 하였다.

[표 3-2: 분석자료 현황]

구분	제품구분	싱가포르 제품유 세부규격	로테르담 제품유 세부규격	열량	Density	주기	가격/단위	가격 기준	출처
제품유	Naphta	-	-			월	US\$/b	Cargo FOB	OPEC
	Premium Gasoline	unleaded 95	unleaded 98			월	US\$/b	Cargo FOB	OPEC
	Jet/Kerosene	-	-			월	US\$/b	Cargo FOB	OPEC
	Gasoil/Diesel	50ppm	10 ppm			월	US\$/b	Cargo FOB	OPEC
선박유A	HFO 380 CST	3.5% Sulfur	3.5% Sulfur	41.7 MJ/kg,	0.99	월	US\$/b	Cargo FOB	OPEC
	HFO 180 CST	2.0% Sulfur	1.0% Sulfur	40.4 MJ/Kg,	0.96	월	US\$/b	Cargo FOB	OPEC
선박유B	HFO 180 CST	-	-	-	-	주	US\$/tonne	소매	Clarkson
	HFO 380 CST	-	-	-	-	주	US\$/tonne	소매	Clarkson

주) Cargo FOB (Cargo Free on Board : 수출항본선인도 가격)

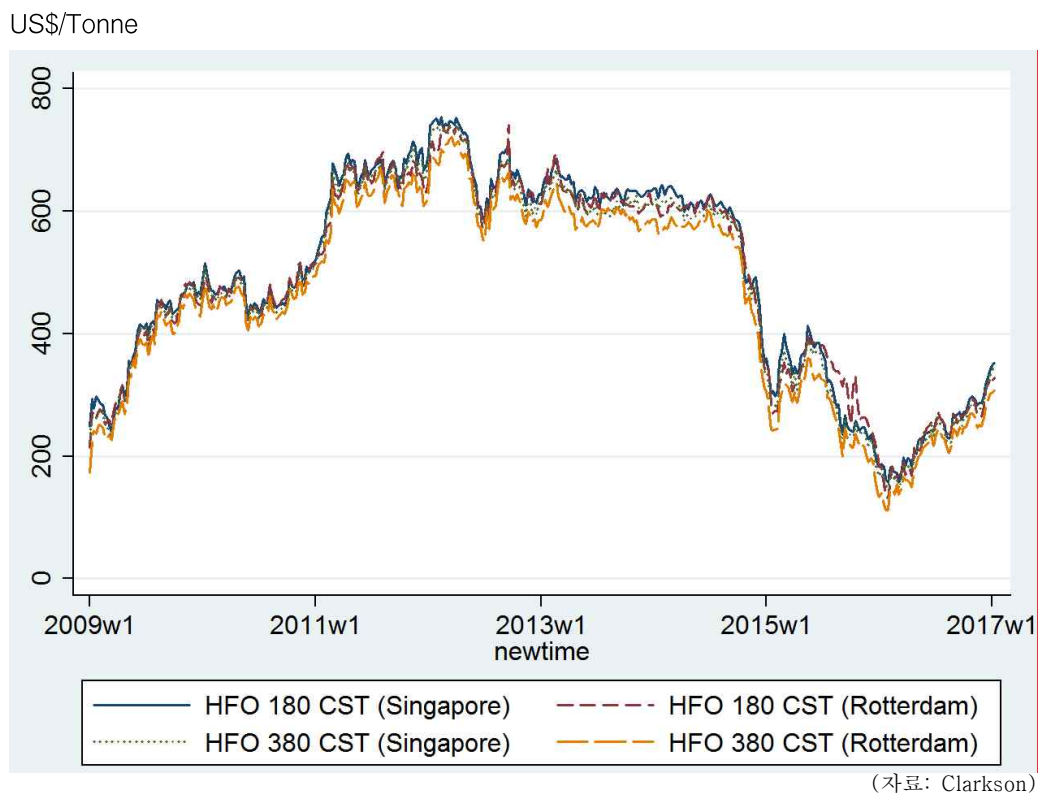
기초분석결과 선박유의 평균 가격은 싱가포르 지역의 로테르담 지역에 비해 높게 형성이 되어 있었다. 이는 선박유A와 선박유B 에서도 동일한 현상을 보여주고 있다. 먼저 선박유 A의 경우, HFO 180 CST의 평균 가격은 싱가포르가 US\$75.92/b, 로테르담이 US\$73.72/b이며 표준편차는 각각 US\$26.48/b과 US\$27.89/b 이다. HFO 380 CST의 평균 가격은 싱가포르가 US\$74.15b, 로테르담이 US\$71.02/b이며 표준편차는 각각 US\$26.20/b과 US\$26.91/b로 분석되었다. 선박유 B의 경우, HFO 180 CST의 평균 가격은 싱가포르가 US\$493.44/tonne, 로테르담이 US\$485.63/b이며 표준편차는 각각 US\$167.24/tonne과 US\$161.82/tonne 이다. HFO 380 CST의 평균 가격은 싱가포르가 US\$480.58/tonne, 로테르담이 US\$457.92/tonne이며 표준편차는 각각 US\$160.58/tonne과 US\$164.17/b로 분석되었다.

선박유와 같이 분석기간 중 로테르담보다 싱가포르에서 평균 가격이 높게 나타나는 제품은 Naphta로 나타났다. Naphta 평균 가격은 싱가포르에서 US\$ 79.53/b, 로테르담에서는 US\$78.58/b이며 각각의 표준편차는 US\$24.89/b, US\$26.78/b로 분석되었다.

선박유, Naphta와 달리 싱가포르보다 로테르담에서의 평균 가격이 높은 것은 Premium Gasoline, Jet/Kerosene 및 Gasoil/Diesel로 나타났다. Premium Gasoline의 평균가격은 싱가포르에서 US\$94.51/b, 로테르담에서 US\$97.02/b이고 각각의 표준편차는 US\$26.99/b, US\$26.78/b로 분석되었다. Jet/Kerosene의 경우 싱가포르에서 US\$95.61/b, 로테르담에서 US\$97.64/b이고 표준편차는 각각 US\$29.72/b, US\$30.70/b로 분석되었다. Gasoil/Diesel의 평균 가격은 싱가포르에서 US\$96.75/b, 로테르담에서 US\$96.76/b이고 각각의 표준 편차는 US\$30.07/b, US\$30.43/b로 분석되었다.

싱가포르와 로테르담에서의 평균 가격 비교에서 선박유와 Naphta의 경우에는 싱가포르에서의 가격이 높으며 Premium Gasoline, Jet/Kerosene과 Gasoil/Diesel의 경우 로테르담이 가격이 높게 형성된 것으로 분석되었다. 세부 내용은 [표 3-3]에서 확인 할 수 있다.

[그림 3-1 : 2009-2016년 선박유 가격 변화 추이]



[표 3-3: 분석자료의 수준 변수 기초 통계량]

변수			수	평균	표준편차	왜도	첨도
싱가포르	제품유	Naphta	96	79.5304	24.8982	-0.2784	1.6081
		Premium Gasoline	96	94.5178	26.9994	-0.2025	1.5677
		Jet/Kerosene	96	95.6122	29.7279	-0.2519	1.5676
		Gasoil/Diesel	96	96.7576	30.0786	-0.2484	1.5854
	선박유A	HFO 180 CST	96	75.9290	26.4817	-0.3298	1.7631
		HFO 380 CST	96	74.1550	26.2076	0.3776	1.7971
	선박유B	HFO 180 CST	418	493.4484	167.2472	-0.3566	1.8004
		HFO 380 CST	418	480.5861	165.5862	-0.3605	1.8157
로테르담	제품유	Naphta	96	78.5880	25.2988	-0.2688	1.6067
		Premium Gasoline	96	97.0253	26.7841	-0.2451	1.5568
		Jet/Kerosene	96	97.6406	30.7001	-0.2105	1.6006
		Gasoil/Diesel	96	96.7608	30.4397	-0.2105	1.6006
	선박유A	HFO 180 CST	96	73.7241	27.8910	-0.3287	1.7409
		HFO 380 CST	96	71.0252	26.9145	-0.4001	1.8318
	선박유B	HFO 180 CST	418	485.6352	161.8278	-0.3672	1.8401
		HFO 380 CST	418	457.9282	164.1739	-0.3913	1.8251

[표 3-4: 분석자료의 차분변수 기초 통계량]

변수			수	평균	표준편차	왜도	첨도
싱가포르	제품유	Naphta	95	0.0940	6.1368	-0.5567	3.6431
		Premium Gasoline	95	0.1521	6.5610	-0.4626	3.1259
		Jet/Kerosene	95	0.0415	6.1335	-0.3491	3.2156
		Gasoil/Diesel	95	0.0297	6.1954	-0.2299	3.2778
	선박유A	HFO180 CST	95	0.1151	5.0027	-0.5109	3.9486
		HFO380 CST	95	0.1093	4.9368	-0.5824	3.9591
	선박유B	HFO180 CST	417	0.2494	15.9908	0.0502	4.5643
		HFO380 CST	417	0.2973	15.88	0.0240	4.7393
로테르담	제품유	Naphta	95	0.1283	6.1125	-0.5332	3.5691
		Premium Gasoline	95	0.2640	7.1099	-0.3540	3.2046
		Jet/Kerosene	95	0.0369	6.2896	-0.1993	3.4996
		Gasoil/Diesel	95	-0.0176	6.3913	-0.3315	3.2181
	선박유A	HFO180 CST	95	0.1097	5.5651	-0.4179	3.3469
		HFO380 CST	95	0.0768	5.5838	-0.3451	3.9389
	선박유B	HFO180 CST	417	0.274	18.17	-0.1351	6.9118
		HFO380 CST	417	0.3201	16.03	0.3008	4.8298

시계열 자료에 대한 안정성을 검정하기 위해 1차 자기회귀모형을 기반으로 모형의 차수(order)를 일반화하여 단위근을 검정하는 ADF(Augmented Dickey-Fuller) 검정과 오차항의 약의존성(weakly dependency)과 이분산성제약을 완화하여 단위근을 검정하는 Phillips-Perron(PP)검정 방법(Phillips and Perron,1988)을 모두 시행하였다. 단위근 검정의 귀무가설(null hypothesis)은 ‘단위근이 있다.’로써 이는 불안정적 시계열이라는 의미를 가진다. 분석대상 자료에 대한 수준변수의 단위근 검정 결과는 [표 3-5]에서 확인 할 수 있는 것처럼 불안정성을 보이는 I(1) 변수임을 확인 할 수 있다. 수준변수에 대하여 통상최소자승법(Method of Ordinary Linear Square : OLS)을 수행하면 가성회귀의 오류가 발생하게 된다. 가성 회귀(Spurious regression)란 추세를 공유하는 서로 관련 없는 두 시계열 간의 관계를 회귀분석 시, 두 시계열이 통계적으로 유의한 것으로 분석되는 현상을 말한다. 이에 1회차분을 통하여 [표 3-6]과 같이 시계열의 안정성을 회복하여 I(0) 임을 확인할 수 있었다.

[표 3-5: 수준변수에 대한 단위근 검정 결과]

변수			ADF	PP	결과
싱가포르	제품유	Naphta	0.5814	0.4942	I(1)
		Premium Gasoline	0.5403	0.4776	I(1)
		Jet/Kerosene	0.7240	0.6641	I(1)
		Gasoil/Diesel	0.7330	0.6717	I(1)
	선박유A	HFO180 CST	0.6851	0.6013	I(1)
		HFO380 CST	0.6885	0.5994	I(1)
	선박유B	HFO180 CST	0.6085	0.5802	I(1)
		HFO380 CST	0.5671	0.5365	I(1)
로테르담	제품유	Naphta	0.5336	0.4719	I(1)
		Premium Gasoline	0.3642	0.3099	I(1)
		Jet/Kerosene	0.7304	0.6756	I(1)
		Gasoil/Diesel	0.7568	0.6974	I(1)
	선박유A	HFO180 CST	0.6755	0.5912	I(1)
		HFO380 CST	0.6851	0.6191	I(1)
	선박유B	HFO180 CST	0.5041	0.5084	I(1)
		HFO380 CST	0.5132	0.4900	I(1)

주) critical value : ADF t-statistics 1%=-3.500 5%=-2.888, PP t-statistics 1%=-19.903 5%=-13.762

[표 3-6: 차분변수에 대한 단위근 검정 결과]

변수			ADF	PP	결 과
싱가포르	제품유	Naphta	0.0000	0.0000	I(0)
		Premium Gasoline	0.0000	0.0000	I(0)
		Jet/Kerosene	0.0000	0.0000	I(0)
		Gasoil/Diesel	0.0000	0.0000	I(0)
	선박유A	HFO 180 CST	0.0000	0.0000	I(0)
		HFO 380 CST	0.0000	0.0000	I(0)
	선박유B	HFO 180 CST	0.0000	0.0000	I(0)
		HFO 380 CST	0.0000	0.0000	I(0)
로테르담	제품유	Naphta	0.0000	0.0000	I(0)
		Premium Gasoline	0.0000	0.0000	I(0)
		Jet/Kerosene	0.0000	0.0000	I(0)
		Gasoil/Diesel	0.0000	0.0000	I(0)
	선박유A	HFO 180 CST	0.0000	0.0000	I(0)
		HFO 380 CST	0.0000	0.0000	I(0)
	선박유B	HFO 180 CST	0.0000	0.0000	I(0)
		HFO 380 CST	0.0000	0.0000	I(0)

주) critical value : ADF t-statistics 1%=-3.500 5%=-2.888, PP t-statistics 1%=-19.903 5%=-13.762

제 4 장 분석결과

제 1 절 가설1 : 선박유 시장 가격과 타 석유제품 시장 가격이 연동되어 있는가?

Johansen(1991)의 최대우도(Maximum Likelihood) 추정방식을 이용한 공적분 검정 방식을 시행하였다. 본 분석에서는 Trace통계량을 이용하여 공적분 벡터의 유무를 확인하였다. 본 분석에 사용된 선박유는 월간 자료인 선박유A를 사용하였다.

싱가포르 지역의 공적분 분석 결과, 선박유 HFO 180 CST, HFO 380 CST와 제품유 Naphta, Premium Gasoline, Jet/Keroscen, Gasoil/Diesel과의 시차는 2개월로 동일하게 나타났다. 선박유와 모든 제품유간에는 trace 값이 $r=1$ 일 때, 5% 임계치인 3.76보다 작으므로 한 개 혹은 그보다 적은 공적분 벡터가 존재한다는 귀무가설을 기각할 수 없어 결과적으로 하나의 공적분 벡터가 존재함을 확인할 수 있었다.

로테르담 지역의 공적분 분석결과도 싱가포르와 마찬가지로 선박유 HFO 180 CST과 제품유 Naphta, Premium Gasoline, Jet/Keroscen, Gasoil/Diesel은 2개월의 시차를 보이며, 선박유 HFO 380 CST와 제품유 Naphta, Premium Gasoline,은 2개월의 시차를 선박유 HFO 380 CST와 Jet/Kerosene Gasoil/Diesel간의 시차는 1개월로 분석되었다.

[표 4-1: 싱가포르의 선박유와 제품유간 공적분 검정 결과]

변수		귀무가설	시차	λ_{trace}	공적분
HFO 180 CST	Naphta	$r = 0$	2	18.8273	o
		$r \leq 1$		2.1805	
	Premium Gasoline	$r = 0$	2	16.6480	o
		$r \leq 1$		2.1944	
	Jet/Kerosene	$r = 0$	2	10.0475	o
		$r \leq 1$		2.4391	
	Gasoil/Diesel	$r = 0$	2	10.6368	o
		$r \leq 1$		2.5214	
HFO 380 CST	Naphta	$r = 0$	2	19.2060	o
		$r \leq 1$		2.2590	
	Premium Gasoline	$r = 0$	2	15.5419	o
		$r \leq 1$		2.3336	
	Jet/Kerosene	$r = 0$	2	9.6978	o
		$r \leq 1$		2.5864	
	Gasoil/Diesel	$r = 0$	2	10.2137	o
		$r \leq 1$		2.6616	

주) 5% Critical value : $r=0$ 일 때, 15.41 $r=1$ 일 때, 3.76, 1% Critical value : $r=0$ 일 때, 20.04 $r=1$ 일 때, 6.65, 공적분 검정 결과는 1% 유의수준 하에서 귀무가설이 기각됨

[표 4-2: 로테르담의 선박유와 제품유간 공적분 검정 결과]

변수		귀무가설	시차	λ_{trace}	공적분
HFO180	Naphta	$r = 0$	2	22.0951	o
		$r \leq 1$		2.5660	
	Premium Gasoline	$r = 0$	2	15.1739	o
		$r \leq 1$		1.8189	
	Jet/Kerosene	$r = 0$	2	13.1528	o
		$r \leq 1$		2.7049	
	Gasoil/Diesel	$r = 0$	2	11.5099	o
		$r \leq 1$		2.8572	
HFO380	Naphta	$r = 0$	2	17.7545	o
		$r \leq 1$		1.9892	
	Premium Gasoline	$r = 0$	2	12.5277	o
		$r \leq 1$		1.1232	
	Jet/Kerosene	$r = 0$	1	14.3754	o
		$r \leq 1$		1.9476	
	Gasoil/Diesel	$r = 0$	1	17.2449	o
		$r \leq 1$		1.7251	

주) 5% Critical value : $r=0$ 일 때, 15.41 $r=1$ 일 때, 3.76, 1% Critical value : $r=0$ 일 때, 20.04 $r=1$ 일 때, 6.65, 공적분 검정 결과는 1% 유의수준 하에서 귀무가설이 기각됨

Johansen(1995)의 공적분 방정식으로부터 정규화된 모수를 활용한 오차 수정항은 다음과 같다. 오차수정계수를 통해 장기균형관계에서 이탈한 편차들이 부분적으로 가격간의 단기조정을 통해 점차적으로 수정되는 속도를 파악할 수 있다. 싱가포르의 선박유와 제품유의 오차수정항은 경우는 식 (9)에서 식 (16)과 같다.

$$ect^{HFO180-Naphta} = HFO180_t + 13.46 - 1.2201Naphta_t \quad (9)$$

$$ect^{HFO180-Premium Gasoline} = HFO180_t + 23.49 - 1.0478Premium Gasoline_t \quad (10)$$

$$ect^{HFO180-Jet/Kerosene} = HFO180_t + 11.97 - 0.9143Jet/Kerosene_t \quad (11)$$

$$ect^{HFO180-Gasoil/Diesel} = HFO180_t + 11.11 - 0.8956Gasoil/Diesel_t \quad (12)$$

$$ect^{HFO380-Naphta} = HFO380_t + 13.98 - 1.1047Naphta_t \quad (13)$$

$$ect^{HFO380-Premium Gasoline} = HFO380_t + 24.38 - 1.384Premium Gasoline_t \quad (14)$$

$$ect^{HFO380-Jet/Kerosene} = HFO380_t + 12.45 - 0.9004Jet/Kerosene_t \quad (15)$$

$$ect^{HFO380-Gasoil/Diesel} = HFO380_t + 11.55 - 0.8815Gasoil/Diesel_t \quad (16)$$

로테르담의 선박유와 제품유간의 오차수정항은 식(17)에서 식(24)와 같다.

$$ect^{HFO180-Naphtha} = HFO180_t + 15.52 - 1.1313Naphtha_t \quad (17)$$

$$ect^{HFO180-Premium Gasoline} = HFO180_t + 47.43 - 1.2378Premium Gasoline_t \quad (16)$$

$$ect^{HFO180-Jet/Kerosene} = HFO180_t + 13.09 - 0.8847Jet/Kerosene_t \quad (19)$$

$$ect^{HFO180-Gasoil/Diesel} = HFO180_t + 13.25 - 0.8952Gasoil/Diesel_t \quad (20)$$

$$ect^{HFO380-Naphtha} = HFO380_t + 11.36 - 1.0839Naphtha_t \quad (21)$$

$$ect^{HFO380-Premium Gasoline} = HFO380_t + 39.53 - 1.1605Premium Gasoline_t \quad (22)$$

$$ect^{HFO380-Jet/Kerosene} = HFO380_t + 9.5 - 0.0491Jet/Kerosene_t \quad (23)$$

$$ect^{HFO380-Gasoil/Diesel} = HFO380_t + 8.13 - 0.8499Gasoil/Diesel_t \quad (24)$$

싱가포르 지역에서의 선박유와 제품유의 장기 인과관계와 단기 인과관계 장·단기 인과관계가 동시에 성립하는 강 인과관계 계수를 다음의 [표 4-3]에 정리하였다. 선박유 HFO 180 CST가 영향을 주는 제품유인 Naphta, Jet/Kerosen의 장기인과관계 계수는 각각 0.3319, 0.2820으로 1%의 유의 수준 하에서 유의미한 값으로 나타난다. HFO180 CST와 상호간에 영향을 주고 받는 제품유인 Premium Gasoline의 장기인과관계 계수는 HFO180 CST가 Premium Gasoline으로의 영향을 줄때는 0.4231 반대 방향의 경우에는 0.2266으로 1%의 유의 수준에서 유의미한 값으로 나타났으며 HFO 180CST에서 Premium Gasoline으로 장기인고관계계수가 반대의 경우보다 크게 나타났다. HFO 180 CST에 영향을 주는 제품유는 Gasoil/Diesel로 장기인과관계 계수는 0.3022로 1%의 유의 수준에서 유의미한 값으로 분석되었다. HFO 180 CST는 제품유 4종과 장기적인 인과관계가 모두 존재함을 확인 할 수 있었다. HFO 380 CST가 영향을 주는 제품유는 Naphta 한 종류이며 장기인과관계 계수는 0.3476으로 1%의 유의 수준에서 유의미한 값으로 나타난다. HFO 380 CST와 상호간에 영향을 주고 받는 제품유는 Premium Gasoline이며 장기인과관계 계수는 HFO 380 CST가 Premium Gasoline에 영향을 줄때는 0.3927이고 반대의 경우에는 0.2006으로 1%의 유의 수준에서 유의미한 값으로 나타났으며 HFO 380 CST에서 Premium Gasoline으로의 장기인과관계계수가 반대의 경우보다 높게 나타났다. 그러나 선박유 HFO 380 CST와 제품유 Jet/Kerosene, Gasoil/Diesel과는 1%의 유의 수준에서 유의미한 분석 값을 확인 할 수 없었다.

로테르담 지역에서의 선박유와 제품유의 장기 인과관계와 단기 인과관계 장·단기 인과관계가 동시에 성립하는 강 인과관계 계수는 다음의 [표 4-4]에 정리하였다. 선박유 HFO 180 CST가 영향을 주는 제품유인

Naphta와의 장기인과관계 계수는 각 0.3161로 1%의 유의 수준 하에서 유의미한 값으로 나타난다. HFO180 CST와 상호간에 영향을 주고 받는 제품유인 Premium Gasoline의 장기인과관계 계수는 HFO180 CST가 Premium Gasoline으로의 영향을 줄때는 0.2328 반대 방향의 경우에는 0.1651로 1%의 유의 수준에서 유의미한 값으로 나타나며 HFO 180 CST가 Premium Gasoline로의 장기인과관계계수가 반대의 경우보다 크게 나타났다. 그러나 선박유 HFO 180 CST와 나머지 제품유인 Jet/Kerosene, Gasoil/Diesel과는 장기적인 인과관계 계수에서 유의미한 분석 값을 확인 할 수 없었다. 선박유 HFO 380 CST가 영향을 주는 제품유인 Naphta, Jet/Kerosene Gasoil/Diesel과의 장기인과관계 계수는 각각 0.2799, 0.3138, 0.3266으로 1%의 유의 수준 하에서 유의미한 값으로 나타난다. HFO380 CST와 상호간에 영향을 주고 받는 제품유인 Premium Gasoline의 장기인과관계 계수는 HFO 380 CST가 Premium Gasoline으로의 영향을 줄때는 0.2072 반대 방향의 경우에는 0.1391로 1%의 유의 수준에서 유의미한 값으로 나타났으며 HFO 380 CST가 장기인과관계계수가 반대의 경우보다 크게 나타나고 있다. 로테르담 지역에서 선박유 HFO 380 CST는 분석대상 모든 제품유 Naphta, Premium Gasoline, Jet/Kerosene 및 Gasoil/Diesel과 장기적인 균형관계를 보여주고 있다. 이상의 결과에서 보듯 싱가포르와 로테르담 모두, 1%의 유의 수준에서 선박유와 제품유간의 단기인과관계계수가 유의미한 값을 갖고 있지 않음을 확일 할 수 있다.

싱가포르 지역을 보면 장기인과관계관계가 확인된 HFO180 CST와 Naphta, Premium Gasoline, Jet/Kerosene, Gasoil/Diesel간의 관계에서 선박유가 영향 변수로 공통된 특징을 보이고 있다. HFO 380 CST와 장기인과관계가 확인된 Naphta, Premium Gasoline간의 관계에서도 선박유인 HFO 380 CST가 영향 변수란 공통점을 보이고 있다. 로테르담

지역을 보면 장기인과관계관계가 확인된 HFO180 CST와 Naphta, Premium Gasoline간의 관계에서 선박유가 영향 변수로 공통된 특징을 보이고 있다. HFO 380 CST와 장기인과관계가 확인된 Naphta, Premium Gasoline, Jet/Kerosene, Gasoil/Diesel간의 관계에서도 선박유인 HFO 380 CST가 영향 변수란 공통점을 보이고 있다. 이상에서 본바와 같이 싱가포르와 로테르담 모든 지역에서 장기인과관계가 확인된 선박유와 제품유 간의 관계에서는 선박유가 영향변수라는 공통점을 확인 할 수 있었다.

[표 4-3: 싱가포르의 선박유와 제품유간 인과관계 검정 결과]

인과관계			장기	단기	강
HFO180	←	Naphta	0.0833 (0.357)	0.1430 (0.326)	11.3390 (0.0230)
HFO180	→	Naphta	0.3319 (0.001)	0.1694 (0.398)	25.2198 (0.0000)
HFO180	←	Premium Gasoline	0.2266 (0.012)	0.1776 (0.192)	17.0809 (0.0019)
HFO180	→	Premium Gasoline	0.4231 (0.000)	0.2106 (0.346)	29.0049 (0.0000)
HFO180	←	Jet/Kerosene	0.1130 (0.331)	-0.0140 (0.941)	11.0367 (0.0262)
HFO180	→	Jet/Kerosene	0.2820 (0.043)	0.3313 (0.240)	14.2378 (0.0066)
HFO180	←	Gasoil/Diesel	0.1083 (0.373)	-0.0170 (0.925)	10.8774 (0.0280)
HFO180	→	Gasoil/Diesel	0.3022 (0.039)	-0.0120 (0.956)	15.3886 (0.0040)
HFO380	←	Naphta	0.0904 (0.326)	0.1399 (0.344)	14.2142 (0.0066)
HFO380	→	Naphta	0.3476 (0.001)	0.1223 (0.566)	21.0138 (0.001)
HFO380	←	Premium Gasoline	0.2006 (0.019)	0.1268 (0.360)	18.9168 (0.0008)
HFO380	→	Premium Gasoline	0.3927 (0.000)	0.2128 (0.371)	25.8362 (0.0000)
HFO380	←	Jet/Kerosene	0.1005 (0.361)	-0.0542 (0.784)	13.8845 (0.0077)
HFO380	→	Jet/Kerosene	0.2520 (0.065)	0.3142 (0.309)	12.3297 (0.0151)
HFO380	←	Gasoil/Diesel	0.0914 (0.425)	-0.0409 (0.825)	13.5810 (0.0088)
HFO380	→	Gasoil/Diesel	0.2673 (0.062)	0.3528 (0.231)	13.1799 (0.0104)

[표 4-4: 로테르담 지역의 선박유와 제품유간 인과관계 검정결과]

인과관계			장기	단기	강
HFO180	←	Naphta	0.0597 (0.590)	0.0381 (0.838)	10.8346 (0.0285)
HFO180	→	Naphta	0.3161 (0.007)	-0.0503 (0.814)	16.6723 (0.0022)
HFO180	←	Premium Gasoline	0.1651 (0.001)	0.0284 (0.842)	22.8570 (0.0001)
HFO180	→	Premium Gasoline	0.2338 (0.000)	0.1764 (0.449)	27.0433 (0.0000)
HFO180	←	Jet/Kerosene	0.0502 (0.658)	-0.2275 (0.278)	12.3090 (0.0152)
HFO180	→	Jet/Kerosene	0.2223 (0.085)	0.3635 (0.185)	9.7359 (0.0451)
HFO180	←	Gasoil/Diesel	0.0261 (0.824)	-0.0507 (0.782)	10.6865 (0.0303)
HFO180	→	Gasoil/Diesel	0.2305 (0.085)	0.2040 (0.406)	8.3102 (0.0809)
HFO380	←	Naphta	0.0257 (0.807)	0.1696 (0.309)	6.7540 (0.1495)
HFO380	→	Naphta	0.2799 (0.011)	0.0353 (0.850)	16.6957 (0.0022)
HFO380	←	Premium Gasoline	0.1391 (0.006)	0.1186 (0.361)	13.6552 (0.0085)
HFO380	→	Premium Gasoline	0.2072 (0.001)	0.2727 (0.178)	27.0217 (0.0000)
HFO380	←	Jet/Kerosene	0.1089 (0.329)	-	0.9717 (0.6152)
HFO380	→	Jet/Kerosene	0.3138 (0.010)	-	6.6207 (0.0365)
HFO380	←	Gasoil/Diesel	0.0603 (0.594)	-	0.3017 (0.8600)
HFO380	→	Gasoil/Diesel	0.3266 (0.009)	-	6.7861 (0.036)

제 2 절 가설2 : 2개의 선박유인 HFO180과 HFO380이 장기적으로 같이 움직이는가

가설 2의 검정부터는 주간 단위 자료인 선박유B 자료를 추가로 분석하여 월 단위 자료와 비교하였다. 싱가포르와 로테르담에서 선박유간의 공적분 분석 결과, trace 값이 $r=1$ 일 때, 5% 임계치인 3.76보다 작으므로 한 개 혹은 그보다 적은 공적분 벡터가 존재한다는 귀무가설을 기각할 수 없어 결과적으로 공적분 벡터가 존재함을 확인하였다. 월 단위 및 주간 단위 분석 모두에서 공적분의 존재를 확인 할 수 있었다. 최적 시차는 월간 단위 자료인 선박유A의 HFO 180 CST와 HFO 380 CST사이에서 싱가포르와 로테르담 모두에서 2개월의 시차를 보이고 있다. 주간 자료인 선박유B의 경우 HFO 180 CST와 HFO 380 CST사이에서 4주의 시차를 나타내고 있다.

[표 4-5: 싱가포르와 로테르담의 선박유간 공적분 검정 결과]

변수			귀무가설	시차	λ_{trace}	공적분
싱가포르	선박유A	HFO180-HFO380-	$r=0$	2	13.8388	○
			$r \leq 1$		2.3909	
	선박유B	HFO180-HFO380	$r=0$	4	54.2516	○
			$r \leq 1$		1.8740	
로테르담	선박유A	HFO180-HFO380-	$r=0$	2	15.7387	○
			$r \leq 1$		2.8159	
	선박유B	HFO180-HFO380	$r=0$	4	53.6285	○
			$r \leq 1$		2.3520	

주) 5% Critical value : $r=0$ 일 때, 15.41 $r=1$ 일 때, 3.76, 1% Critical value : $r=0$ 일 때, 20.04 $r=1$ 일 때, 6.65, 공적분 검정 결과는 1% 유의수준 하에서 귀무가설이 기각됨

Johansen(1995)의 공적분 방정식으로부터 정규화된 모수를 활용한 오차 수정항은 다음과 같다. 오차수정계수를 통해 장기균형관계에서 이탈한 편차들이 부분적으로 가격간의 단기조정을 통해 점차적으로 수정되는 속도를 파악할 수 있다. 싱가포르와 로테르담에서 선박유간의 오차수정항은 경우는 식 (25)에서 식 (28)과 같다.

싱가포르 선박유A(월단위)의 오차수정항은 식(25)과 같다.

$$ect^{HFO180-HFO380} = HFO180_t + .48 - 1.0131HFO380_t \quad (25)$$

싱가포르 선박유B(주단위)의 오차수정항은 식(26)과 같다.

$$ect^{HFO180-HFO380} = HFO180_t + .44 - 1.0292HFO380_t \quad (26)$$

로테르담 선박유A(월 단위)의 오차수정항은 식(27)과 같다.

$$ect^{HFO180-HFO380} = HFO180_t + 5.48 - 1.0157HFO380_t \quad (27)$$

로테르담 선박유A(주 단위)의 오차수정항은 식(28)과 같다.

$$ect^{HFO180-HFO380} = HFO180_t + 37.08 - 0.9806HFO380_t \quad (28)$$

싱가포르와 로테르담에서 선박유간 장기 인과관계는 선박유A(월단위 자료) 분석을 통해서도 확인하기 어려웠다. 그러나 선박유B(주간단위 자료)의 분석을 통해 싱가포르와 로테르담 모두에서 의미있는 인과관계를 확인할 수 있었다. 1%의 유의 수준 하에서 싱가포르에서는 HFO380 CST에서 HFO180 CST로의 장기인과관계계수는 - 0.2853, 단기인과관계계수는 0.4437, 강인과관계계수는 30.0859로 나타났다.

로테르담에서는 HFO 180 CST와 HFO 380 CST의 장기적, 단기적, 강인과관계에서 상호적인 관계를 보였다. HFO 180 CST에서 HFO 380 CST로의 장기인과관계계수는 -0.2192, 단기인과관계계수는 0.1851, 강인과관계계수는 15.9264이며 반대방향의 경우 강인과관계계수는 - 0.3496, 단기인과관계계수는 0.2186, 강인과관계계수는 69.0995로 나타났다. 장기, 단기, 강 인과관계 모두 HFO 380 CST의 계수가 HFO 180 CST보다 높게 나타났다. 싱가포르와 로테르담 모두 주력 선박 연료인 HFO 380 CST의 가격 변화가 HFO 180CST의 가격변화에 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었다.

[표 4-6: 싱가포르와 로테르담의 선박유간 인과관계 검정 결과]

구분		인과관계	장기	단기	강
싱가포르	선박유A	HFO180 ← HFO380	-0.1309 (0.803)	0.3873 (0.567)	10.2024 (0.0372)
		HFO180 → HFO380	-0.3909 (0.442)	0.0484 (0.941)	13.4935 (0.0091)
	선박유B	HFO180 ← HFO380	-0.2853 (0.051)	0.4437 (0.019)	30.0859 (0.0002)
		HFO180 → HFO380	-0.0642 (0.667)	0.2284 (0.230)	13.0454 (0.1103)
로테르담	선박유A	HFO180 ← HFO380	0.0018 (0.994)	0.3716 (0.145)	13.6117 (0.0086)
		HFO180 → HFO380	-0.3410 (0.152)	0.1567 (0.545)	10.0659 (0.0086)
	선박유B	HFO180 ← HFO380	-0.3496 (0.000)	0.2186 (0.046)	69.0995 (0.0000)
		HFO180 → HFO380	-0.2192 (0.001)	0.1851 (0.041)	15.9264 (0.0429)

제 3 절 가설3 : 싱가포르와 로테르담 두 시장은 선박유 거래에서 같이 움직이는가

싱가포르와 로테르담간의 동일 선박유에 대하여 공적분 분석 결과, trace 값이 $r=1$ 일 때, 5% 임계치인 3.76보다 작으므로 한 개 혹은 그보다 적은 공적분 벡터가 존재한다는 귀무가설을 기각할 수 없어 결과적으로 공적분 벡터가 존재함을 확인하였다. 월 단위 및 주단위 분석 모두에서 공적분의 존재를 확인 할 수 있었다. 최적 시차는 월간 단위 자료인 선박유A의 싱가포르 HFO 180 CST와 로테르담 HFO 380 CST사이에서 2개월의 시차를, 싱가포르 HFO 380 CST와 로테르담 HFO 380 CST사이에서 3개월의 시차를 보이고 있다. 주간 자료인 선박유B의 경우 싱가포르 HFO 180 CST와 로테르담 HFO 180 CST사이에서 3주의 시차를, 싱가포르 HFO 380 CST와 로테르담 HFO 380 CST사이에서 2주의 시차를 나타내고 있다. 주간단위 자료를 기준으로 하는 경우 주력 연료인 HFO 380 CST의 싱가포르와 로테르담 간의 시차가 1주정도 짧게 나타나고 있다.

[표 4-7: 동일 선박유간의 공적분 검정 결과]

변수			귀무가설	시차	λ_{trace}	공적분
선박유A	싱가포르 HFO180	로테르담 HFO180	$r = 0$	2	21.2920	○
			$r \leq 1$		2.4518	
	싱가포르 HFO380	로테르담 HFO380	$r = 0$	3	30.8058	○
			$r \leq 1$		2.4910	
선박유B	싱가포르 HFO180	로테르담 HFO180	$r = 0$	3	30.9065	○
			$r \leq 1$		1.7635	
	싱가포르 HF380	로테르담 HF380	$r = 0$	2	33.5449	○
			$r \leq 1$		1.6055	

Johansen(1995)의 공적분 방정식으로부터 정규화된 모수를 활용한 오차 수정항은 다음과 같다. 오차수정계수를 통해 장기균형관계에서 이탈한 편차들이 부분적으로 가격간의 단기조정을 통해 점차적으로 수정되는 속도를 파악할 수 있다. 싱가포르와 로테르담에서 선박유간의 오차수정항은 경우는 식 (29)에서 식 (31)과 같다.

싱가포르 선박유A(월단위 자료)와 로테르담 선박유A의 오차수정항은 식(29)와 식 (30)과 같다.

$$\begin{aligned} ect^{HFO180(Singapore) - HFO180(Rotterdam)} \\ = HFO180(Singapore)_t + 5.14 - 0.9576HFO180(Rotterdam)_t \end{aligned} \quad (29)$$

$$\begin{aligned} ect^{HFO380(Singapore) - HFO380(Rotterdam)} \\ = HFO380(Singapore)_t + 4.92 - 0.9733HFO380(Rotterdam)_t \end{aligned} \quad (30)$$

싱가포르 선박유B(주단위 자료)와 로테르담 선박유B의 오차수정항은 식(31)과 식 (32)로 정리하였다.

$$\begin{aligned} ect^{HFO180(Singapore) - HFO180(Rotterdam)} \\ = HFO180(Singapore)_t + 12.90 - 1.0406HFO180(Rotterdam)_t \end{aligned} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} ect^{HFO380(Singapore) - HFO380(Rotterdam)} \\ = HFO380(Singapore)_t + 18.23 - 1.0108HFO380(Rotterdam)_t \end{aligned} \quad (32)$$

월간단위 자료인 선박유A의 경우에는 싱가포르의 HFO 380 CST에서 로테르담간의 HFO 380 CST로의 장기인과관계 계수가 -1.0382로 1%의 유의 수준에서 통계적인 의미를 갖고 있음을 확인할수 있었다. 그러나 싱가포르의 HFO 180 CST와 로테르담의 HFO 180 CST간의 인과관계는 확인 할 수 없었다. 주간 단위 자료인 선박유 B의 경우에는 싱가포르 HFO 180 CST에서 로테르담 HFO 180 CST로의 장기인과관계계수가 0.2353, 단기인과관계계수 0.1852, 강인과관계계수는 46.2567로 1%의 유의 수준에서 통계적인 의미를 갖고 있음을 확인 할 수 있었다. 그러나 싱가포르의 HFO 380 CST와 로테르담의 HFO 380 CST간의 유의미한 인과 관계를 확인 할수 없었다. 월간 단위 자료와 주간 단위 자료에서 부분적인 인과 관계를 확인 할수 있었지만 확인된 인과관계에서 싱가포르의 제품유가 영향변수로 작용하는 공통점을 확인 할 수 있었다.

[표 4-8: 동일 선박유간의 인과관계 검정 결과]

구분	인과관계		장기	단기	강
선박유A	싱가포르 HFO180	← 로테르담 HFO180	0.1263 (0.525)	0.1145 (0.607)	11.1382 (0.0251)
	싱가포르 HFO180	→ 로테르담 HFO180	-0.2869 (0.187)	0.2034 (0.445)	14.5654 (0.0057)
	싱가포르 HFO380	← 로테르담 HFO380	-0.0237 (0.947)	0.2653 (0.2653)	14.2294 (0.0272)
	싱가포르 HFO380	→ 로테르담 HFO380	-1.0382 (0.010)	-0.1788 (0.631)	16.1198 (0.0131)
선박유B	싱가포르 HFO180	← 로테르담 HFO180	0.0606 (0.214)	0.1200 (0.091)	4.3267 (0.6326)
	싱가포르 HFO180	→ 로테르담 HFO180	0.2353 (0.000)	0.1852 (0.032)	46.6257 (0.0000)
	싱가포르 HF380	← 로테르담 HF380	-0.1178 (0.084)	0.1142 (0.293)	5.8770 (0.2085)
	싱가포르 HF380	→ 로테르담 HF380	0.0598 (0.384)	0.0517 (0.638)	1.5181 (0.8234)

제 5 장 결과 요약

제 1 절 Granger 인과관계 검정 결과 종합

선박유와 제품유간의 시차는 로테르담의 HFO 380 CST와 Jet/Kerosene, Gasoil/Diesel과의 1개월 시차를 제외하고는 모두 2개월 시차로 분석되었으며 Johansen(1991) 공적분 분석결과 모든 관계에서 공적분이 확이 되어 오차수정모형(VECM)으로 인과관계 분석을 진행하였다. 분석결과 싱가포르와 로테르담 모두에서 HFO 180 CST 가격과 HFO 380 CST 가격은 Premium Gasoline과 상호적인 인과관계가 있음을 확인하였다.

싱가포르에서는 HFO 180 CST의 가격이 Naphta, Jet/Kerosene, Gasoil/Diesel 가격에 영향을 미치고 있으며, HFO 380 CST 가격이 Naphta 가격에 영향을 미치고 있었다. 다만 HFO 380 CST 가격은 Jet/Kerosene, Gasoil/Diesel 가격과의 인과관계는 확인 할 수 없었다.

로테르담에서는 HFO 180 CST 가격이 Naphta 가격에 영향을 미치고 있으며 Jet/Kerosene, Gasoil/Diesel 가격과는 인과관계가 없음으로 분석되었다. HFO 380 CST 가격도 HFO 180 CST 가격과 동일하게 Naphta가격에 영향을 미치나 Jet/Kerosene, Gasoil/Diesel 가격과는 관계가 없었다.

이상에서 본바와 같이 싱가포르와 로테르담 지역의 선박유는 인과관계가 확인된 다른 제품유에 영향을 미치는 변수로 작용하고 있는 것으로 분석되었다.

[표 5-1: 선박유와 제품유간 Granger 인과관계 검정 결과 종합]

지역	인과관계		시차	공적분	모형
싱가포르	HFO180	→ Naphta	2개월	o	VECM
	HFO180	↔ Premium Gasoline	2개월	o	VECM
	HFO180	→ Jet/Kerosene	2개월	o	VECM
	HFO180	→ Gasoil/Diesel	2개월	o	VECM
	HFO380	→ Naphta	2개월	o	VECM
	HFO380	↔ Premium Gasoline	2개월	o	VECM
	HFO380	(없음) Jet/Kerosene	2개월	o	VECM
	HFO380	없음 Gasoil/Diesel	2개월	o	VECM
로테르담	HFO180	→ Naphta	2개월	o	VECM
	HFO180	↔ Premium Gasoline	2개월	o	VECM
	HFO180	(없음) Jet/Kerosene	2개월	o	VECM
	HFO180	(없음) Gasoil/Diesel	2개월	o	VECM
	HFO380	→ Naphta	2개월	o	VECM
	HFO380	↔ Premium Gasoline	2개월	o	VECM
	HFO380	(없음) Jet/Kerosene	1개월	o	VECM
	HFO380	(없음) Gasoil/Diesel	1개월	o	VECM

선박유 HFO 180 CST와 HFO 380 CST간, 선박유A의 시차는 싱가포르와 로테르담 모두에서 2개월, 선박유B의 경우 싱가포르와 로테르담에서 4주의 시차를 나타냈다. Johansen(1991) 공적분 분석결과 모든 관계에서 공적분이 확인 되어 오차수정모형(VECM)으로 인과관계 분석을 진행한바 선박유A에서는 공적분 관계를 확인하기 어려웠으나 선박유B의 분석에서 싱가포르와 로테르담 모두에서 HFO 380 CST 가격이 영향 변수임을 확인할 수 있었다.

[표 5-2: 선박유간 Granger 인과관계 검정 결과 종합]

지역	인과관계	시차	공적분	모형
싱가포르 (선박유A)	HFO180 (없음) HFO380	2개월	o	VECM
싱가포르 (선박유B)	HFO180 ← HFO380	4주	o	VECM
로테르담 (선박유A)	HFO180 (없음) HFO380	2개월	o	VECM
로테르담 (선박유B)	HFO180 ↔ HFO380	4주	o	VECM

선박유A의 싱가포르 HFO 180 CST 가격과 로테르담 HFO 180 CST 가격간의 시차는 2개월이며 싱가포르 HFO 380 CST 가격과 로테르담 HFO 380 CST 가격간의 시차는 3개월로 분석 되었다. 선박유B의 경우에는 싱가포르 HFO 180 CST 가격과 로테르담 HFO 180 CST 가격 사이에서 3주, 싱가포르 HFO 380 CST 가격과 로테르담 HFO 380 CST 가격 사이에서 2주의 시차를 보였다. Johansen(1991) 공적분 분석결과 모든 관계어에서 공적분이 확이 되어 오차수정모형(VECM)으로 인과관계 분석을 진행한바 선박유A에서는 싱가포르의 HFO 380 CST 가격이 로테르담의 HFO 180 CST 가격에 영향을 미치고 있었으며 HFO 180 CST에서는 두 시장 간의 인과관계가 없는 것으로 나타났다. 선박유B의 경우에는 싱가포르 HFO 180 CST 가격이 로테르담의 HFO 180 CST 가격에 영향을 미치고 있었다. 그러나 HFO 380 CST 가격에 대해서는 두 시장 간에 인과관계를 확인 할 수 없었다. 싱가포르의 선박유가 로테르담의 선박유에 영향을 미치는 영향 변수로 분석되었다.

[표 5-3: 싱가포르 로테르담 선박유간 Granger 인과관계 검정 결과 종합]

구분	인과관계		시차	공적분	모형
선박유A	싱가포르 HFO180	없음 로테르담 HFO180	2개월	o	VECM
	싱가포르 HFO380	→ 로테르담 HFO380	3개월	o	VECM
선박유B	싱가포르 HFO180	→ 로테르담 HFO180	3주	o	VECM
	싱가포르 HFO380	없음 로테르담 HFO380	2주	o	VECM

제 2 절 연구 결과 요약 및 연구의 한계점

본 연구는 기존까지 에너지 분야의 동조성에 대한 분석이 원유와 제품유의 가격 변동에 집중되어 있던 것과 달리 선박유의 가격 변동을 분석하고자 하였다. 이를 위해 선박유의 특성을 3가지 축으로 분석하였다. 첫 번째는 기존 제품유와 선박유와의 관계를 파악하고자 하였다. 두 번째는 2개의 선박유가 장기적으로 같이 움직이는가를 확인하고자 하였다. 세 번째는 싱가포르와 로테르담의 선박유 가격이 동조성을 보이는가를 확인하고자 하였다. 싱가포르, 미국, UAE, 네덜란드와 한국이 전 세계 병커링 수요의 60%를 점유 하고 있기에 항만간의 가격 경쟁 구도를 파악하고자 하는 것이 연구의 궁극적인 목표 이다.

이를 위해 자료를 구할 수 있었던 제품유 4종으로 납사 (Naphta), 고급휘발유 (Premium Gasoline), 항공유/등유 (Jet/Kerosene), 경유 (Gasoil/Diesel)을 선정하였고 선박유 2종에 대하여는 선박의 주력 연료인 HFO(Heavy Fuel Oil) 180 CST와 HFO(Heavy Fuel Oil) 380 CST를 선정하였다. 분석 기간은 2009년 1월부터 2016년 12월까지의 8년간으로 하였다. 2008년 급격한 유가 변동이후 새롭게 자리 잡아가는 가격 경쟁 구도를 확인할 수 있을 것으로 기대 하였다. 시계열 자료를 분석 대상으로 하기에 시계열의 안정성을 확인하기 위해 ADF(Augmented Dickey-Fuller)와 Phillips and Perron검정을 진행하였다. 모든 시계열 자료에서 단위근이 확인되었으며 1차 차분후 시계열의 안정성을 회복 할수 있었다. Johansen(1989) 공적분 검정결과 모든 자료의 변수 관계에서 공적분이 확인 되어 인과 관계 분석을 위해 오차수정모형 (VECM)을 적용하였다. 오차수정모형을 적용을 통해 장기적인 균형관계, 단기적인 인과관계 및 장·단기 인과관계가 모두 존재하는 경우의 강 인과관계에

대하여 분석을 진행하였다. 분석결과를 세가지로 종합하면 다음과 같다.

첫째, 선박유는 제품유와 연동되는 경향이 있으며 선박유가 영향변수로 작용하고 있었다. 선박유의 경우 최종 소비지와 판매처가 동일 지역이기에 이러한 결과가 반영되었을 것으로 추측하나 선박유와 제품유에 대한 유통과정에 대하여 추가적인 확인이 필요 할 것으로 판단된다.

둘째, 선박유간의 인과관계에서는 HFO 380 CST의 가격이 HFO 180 CST가격에 영향을 미치고 있었다. HFO 380 CST가 선박유의 주력 연료이기에 주력 연료의 가격 변동이 판매량이 상대적으로 적은 HFO 180 CST의 가격에 영향을 미치고 있었다.

셋째, 싱가포르와 로테르담의 동일군 선박유간의 인과관계는 싱가포르의 HFO 380 CST와 HFO 180 CST의 가격이 로테르담에 영향을 미치고 있음을 확인 할 수 있었다. 싱가포르의 선박유 가격 변동이 로테르담 가격 변동에 영향을 미치고 있었다. 싱가포르와 로테르담이 거리상 떨어져 있지만 선박의 자유로운 이동 특성을 고려하여 가격이 조금 높더라도 싱가포르의 항만 경쟁력에 힘입어 싱가포르가 가격을 주도하고 있음을 짐작할 수 있었다.

본 연구 결과는 병커링 및 친환경 선박 연료 도입을 위한 사회기반시설 구축 정책 수립에서 가격적인 측면의 경쟁관계 부분에서 참고할 수 있는 기초자료로 사용이 가능할 것이다. 특히 신규 친환경 연료의 시장 진입에 있어 기존 전통적인 선박유의 가격 경쟁 구도를 고려한 보완적인 정책 수립에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구는 자료 확보의 한계로 인해 싱가포르와 로테르담을 대상으로 하였다. 그러나 추가적인 병커링 허브항만의 선박유에 대한 가격 자료가 확보 되었다면 한국을 포함한 항만간의 가격 경쟁 구도에 대한 연구 결과를 제시할 수 있었을 것이다. 또한 친환경 연료인 저유황 선박유에 대한

분석을 진행하지 못하였다. 최근 몇 년간 국제 사회의 해상에서의 배기가스 배출 제한 규정이 적용되어 왔기에 이에 따라 황산화가스(SO_x)의 배출 규정을 맞추기 위해 선박유 HFO 380 CST 및 HFO 180 CST도 황함유량을 낮춘 저유황유를 사용하기 시작했으며 시장에서의 판매량이 증가하며 판매량에 대한 집계 및 발표가 이루어 지기 시작했다. 새로운 친환경 연료의 가격 변화 특성은 어떠한지 향후 진행해야할 연구 분야로 판단되어 진다.

참 고 문 헌

- [1] Clarkson Shipping Intelligence Network, <https://sin.clarksons.net>
- [2] United Nations, *World Economic Situation and Prospects 2012*,
- [3] WTO, *World Trade Statistical Review 2016*
- [4] Lloyd's Register *LNG Bunkering Infrastructure Study, 2012*
- [5] OPEC, *World Oil Outlook 2015*.
- [6] Giulia Pedrielli, Loo Hay Lee, Szu Hui Ng, (2015), *Optimal bunkering contract in a buyer - seller supply chain under price and consumption uncertainty. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Volume 77, Pages 77-94.*
- [7] Manuel Acosta, Daniel Coronado, Ma Del Mar Cerban, *Bunkering competition and competitiveness at the ports of the Gibraltar Strait, Journal of Transport Geography, Volume 19, Issue 4, July 2011, Pages 911-916*
- [8] Yao, Z., Ng, S.H. and , L.H.(2012, *A Study on bunker fuel management for the shipping liner services, Computer & Operations Research 39, pp. 1160-1172*
- [9] IEA, *Alternative Fuels for Marine Applications, 2013*
- [10] Martin Stopford, *Maritime Economics, 2009*
- [11] Argus, *Energy and commodity price benchmarking and market insights, 2014*
- [12] 지경부, *조선산업 현황 및 발전전략 (2009)*
- [13] 이재우, *싱가포르와 로테르담 제품유의 가격 비대칭성 현상에 관한 연구 (2017년 경제학 공동 학술대회)*
- [14] 한국무역협회, *수출입물류 실무의 운송실무 매뉴얼*
- [15] 김진수, 허은녕, 김연배 (2007), *“공적분과 인과관계 분석을 통한 국*

- 제원유시장의 지역화 연구,” 자원·환경경제연구, 제 16권 제 2호, pp. 213-237.
- [16] 이슬기, 허은녕, “가격비대칭성 검정 모형 민감도 분석”. 에너지경제 연구 제9권 제2호 pp 1~18
- [17] 김진수, 허은녕, 김연배, :공적분과 인과관계 분석을 통한 국제원유 시장의 지역화 연구“, 자연·환경경제연구 제 16권 제2호
- [18] 김기열, 석탄소비량과 경제성장지표 간의 장기적 균형관계에 대한 국제비교 연구, 2016, 학위논문
- [19] 정봉민, *Maritime Economics*, 2015
- [20] José Noguera, *Oil prices: Breaks and trends*, *Energy Economics* 37 (2013) 60 - 67
- [21] Yong U. Glasure, Aie-Rie Lee, *Cointegration, error-correction, and the relationship between GDP and energy: The case of South Korea and Singapore Resource and Energy Economics* 20 1997. 17 - 25
- [22] *Choosing optimal bunkering ports for liner shipping companies: A hybrid Fuzzy-Delphi - TOPSIS approach*,
- [23] Christiansen, M., Fagerholt, K., Nygreen, B., Ronen, D., 2007. *Maritime transportation. Handbooks Oper. Res. Manage. Sci.* 14, 189 - 284.
- [24] Ronen, D., 1982. *The effect of oil price on the optimal speed of ships. J. Oper. Res. Soc.*, 1035 - 1040.
- [25] Perakis, A.N., Papadakis, N., 1987a. *Fleet deployment optimization models. Part 1. Marit. Policy Manage.* 14 (2), 127 - 144.
- [26] Perakis, A.N., Papadakis, N., 1987b. *Fleet deployment optimization models. Part 2. J. Hist. Econ. Thought* 14 (2), 145 - 155.

- [27] Brown, G., Graves, G.W., Ronen, D., 1987. Scheduling ocean transportation of crude oil. *Manage. Sci.* 33 (3), 335 - 346.
- [28] Bausch, D.O., Brown, G.G., Ronen, D., 1998. Scheduling short-term marine transport of bulk products. *Marit. Policy Manage.* 25 (4), 335 - 348.
- [29] Wang, S., Liu, Z., Meng, Q., 2013b. Bunker consumption optimization methods in shipping: a critical review and extensions. *Transport. Res. Part E: Logist. Transport. Rev.* 53, 49 - 62
- [30] Cachon, G.P., 2003a. Supply chain coordination with contracts. *Handbooks Oper. Res. Manage. Sci.* 11, 227 - 339
- [31] Henig, M., Gerchak, Y., Ernst, R., Pyke, D.F., 1997. An inventory model embedded in designing a supply contract. *Manage. Sci.* 43 (2), 184 - 189.
- [32] Sheng, X., Lee, L.H., Chew, E.P., 2014. Dynamic determination of vessel speed and selection of bunkering ports for liner shipping under stochastic environment. *OR Spectrum* 36 (2), 455 - 480.
- Sion, M., 1957. General Minimax Theorems. *Office*
- [33] Naimi, S., Mozafari, A.M., Karimi, B., 2012. Manufacturer - retailer supply chain coordination: a bi-level programming approach. *Adv. Eng. Softw.* 45(1), 144 - 152.
- [34] Corbett, C.J., DeCroix, G.A., Ha, A.Y., 2005. Optimal shared-savings contracts in supply chains: linear contracts and double moral hazard. *Eur. J. Oper. Res.* 163(3), 653 - 667.
- Debreu, G., 1954. A
- [35] Notteboom, T.E., Vernimmen, B., 2009. The effect of high fuel costs on liner service configuration in container shipping. *J. Transp. Geogr.* 17, 325 - 337.

[36] Naimi, S., Mozafari, A.M., Karimi, B., 2012. Manufacturer - retailer supply chain coordination: a bi-level programming approach. *Adv. Eng. Softw.* 45(1), 144 - 152.

Appendix

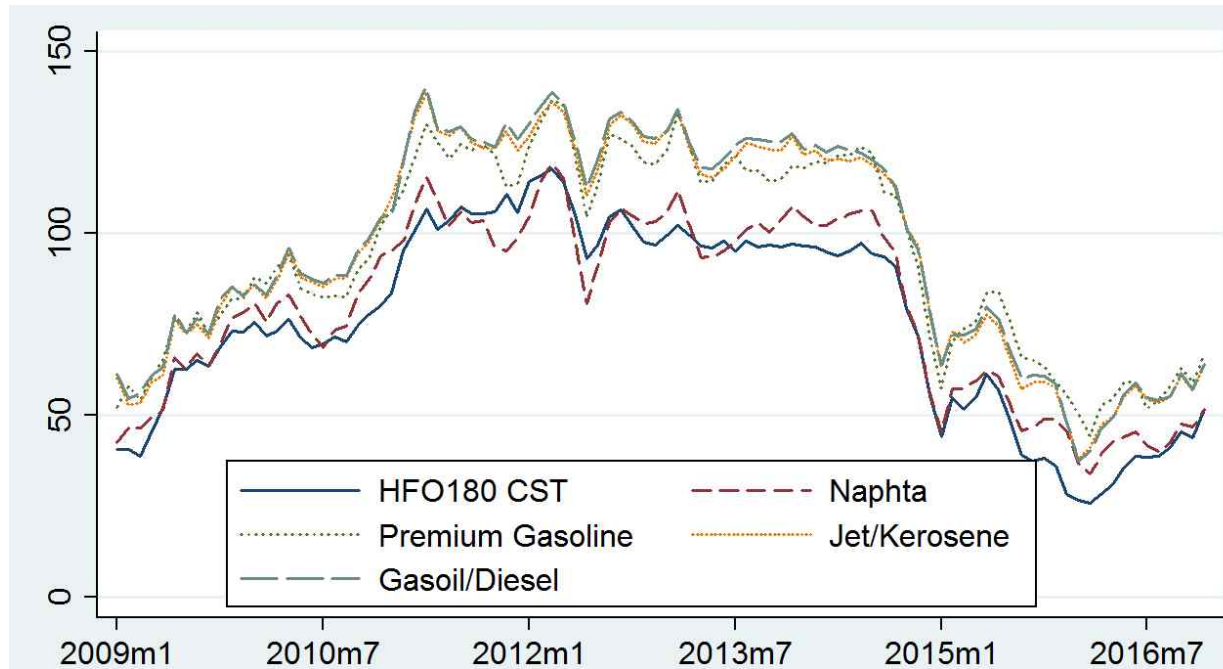
1. 현원유의 분별 증류(Fractional Distillation of Crude Oil)
2. 싱가포르 HFO 180 CST와 제품유간의 그래프
3. 싱가포르 HFO 380 CST와 제품유간의 그래프
4. 로테르담 HFO 180 CST와 제품유간의 그래프
5. 로테르담 HFO 380 CST와 제품유간의 그래프
6. 싱가포르 선박유B간 (HFO 180 CST-HFO 380 CST) 그래프
7. 로테르담 선박유B간 (HFO 180 CST-HFO 380 CST) 그래프
8. 로테르담과 싱가포르의 HFO 180 간 그래프
9. 로테르담과 싱가포르의 HFO 380 CST 간 그래프

1. 원유의 분별 증류(Fractional Distillation of Crude Oil)

Boiling Point			탄소수	%	Product	USAGE
-42 ~ -1℃	20℃	<32℃	C1~4	5%	Refinery Gas, LPG (Liquified Petroleum Gas)	Bottled Gas (프로판, 프로필렌, 부탄, 부틸렌)
30~150℃	70℃	32~104℃	C5~8	46%	Gasoline (휘발유 :揮發油)	Car
140~180℃	120℃	104~157℃	C8~12	3%	Naphtha (납사:납사)	Chemicals
180~250℃	170℃	157~232℃	C12~30	10%	Kerosene(등유:燈油), Lamp oil, Jet fuel	Lighting & Heating Aircraft
250~300℃	270℃	232~343℃	C30~50+	22%	Diesel (경유: 輕油), Light oil,	Car, Bus, Lorry
	?℃			1%	Lubrication oil (윤활유 : 潤滑油)	Wax, Polish
300~350℃	?℃	343~423℃	C30~50+	5%	Fuel Oil, Heavy Oil (중유:重油)	Ship, Factory, Central Heating
>350℃	340℃	>423℃	C50~100+	3%	Bitumen (역청:瀝靑) Residual fuel oil (잔사유: 殘渣油) Asphalt	Road & Roof

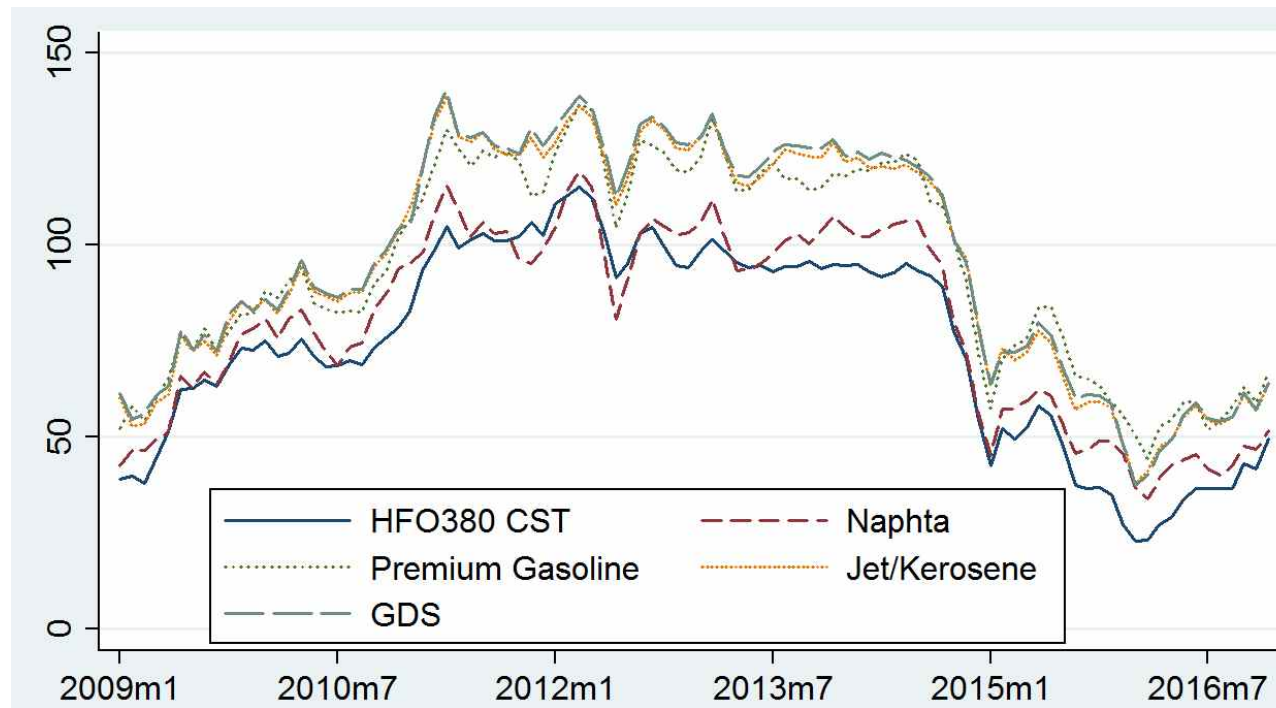
(자료: S-oil)

2. 싱가포르 HFO 180 CST와 제품유간의 그래프 (US\$/B)



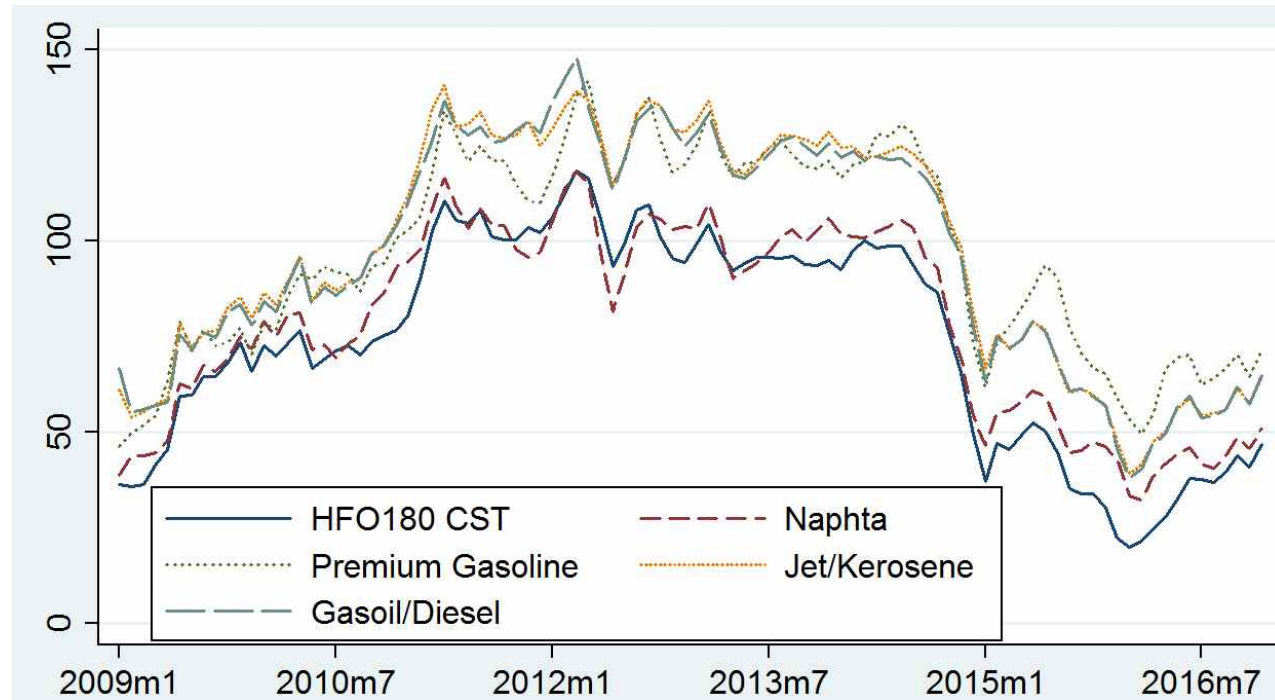
(자료: Clarkson)

3. 싱가포르 HFO 380 CST와 제품유간의 그래프 (US\$/B)



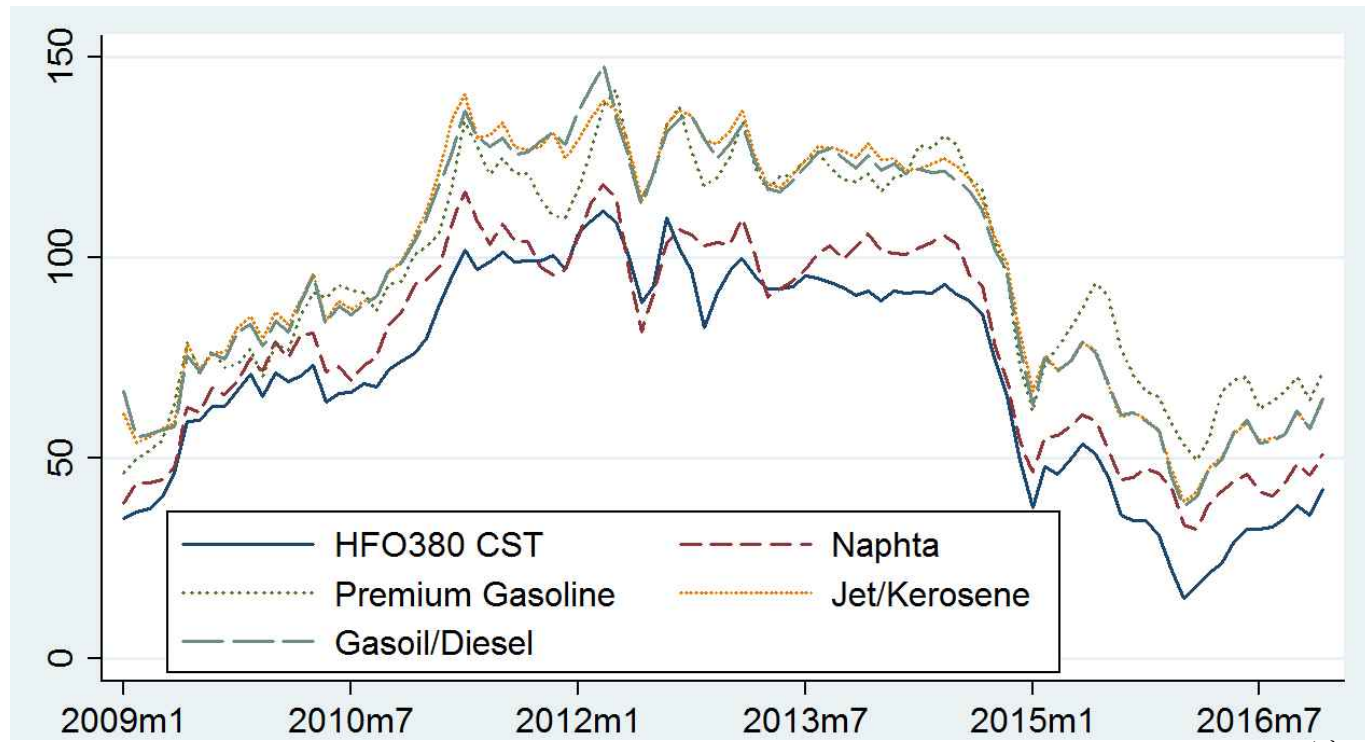
(자료: Clarkson)

4. 로테르담 HFO 180 CST와 제품유간의 그래프 (US\$/B)



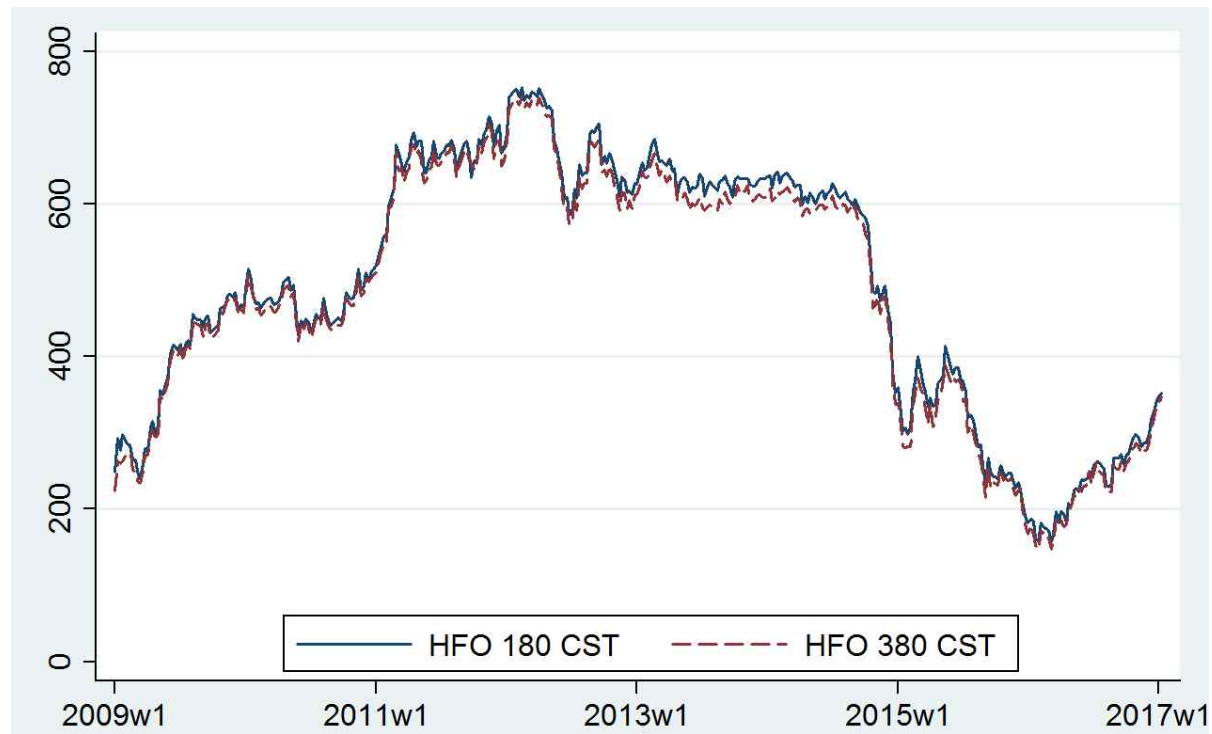
(자료: Clarkson)

5. 로테르담 HFO 380 CST와 제품유간의 그래프(US\$/B)



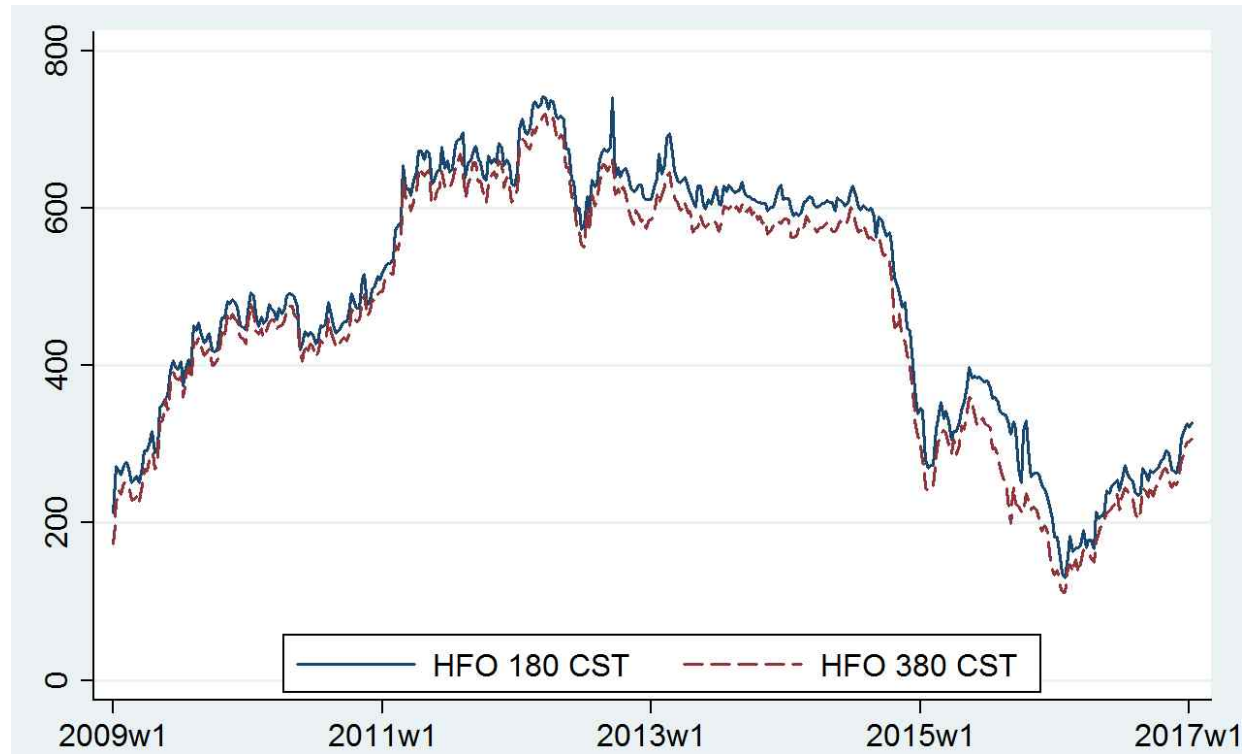
(자료: Clarkson)

6. 싱가포르 선박유B간 (HFO 180 CST-HFO 380 CST) 그래프(US\$/tonne)



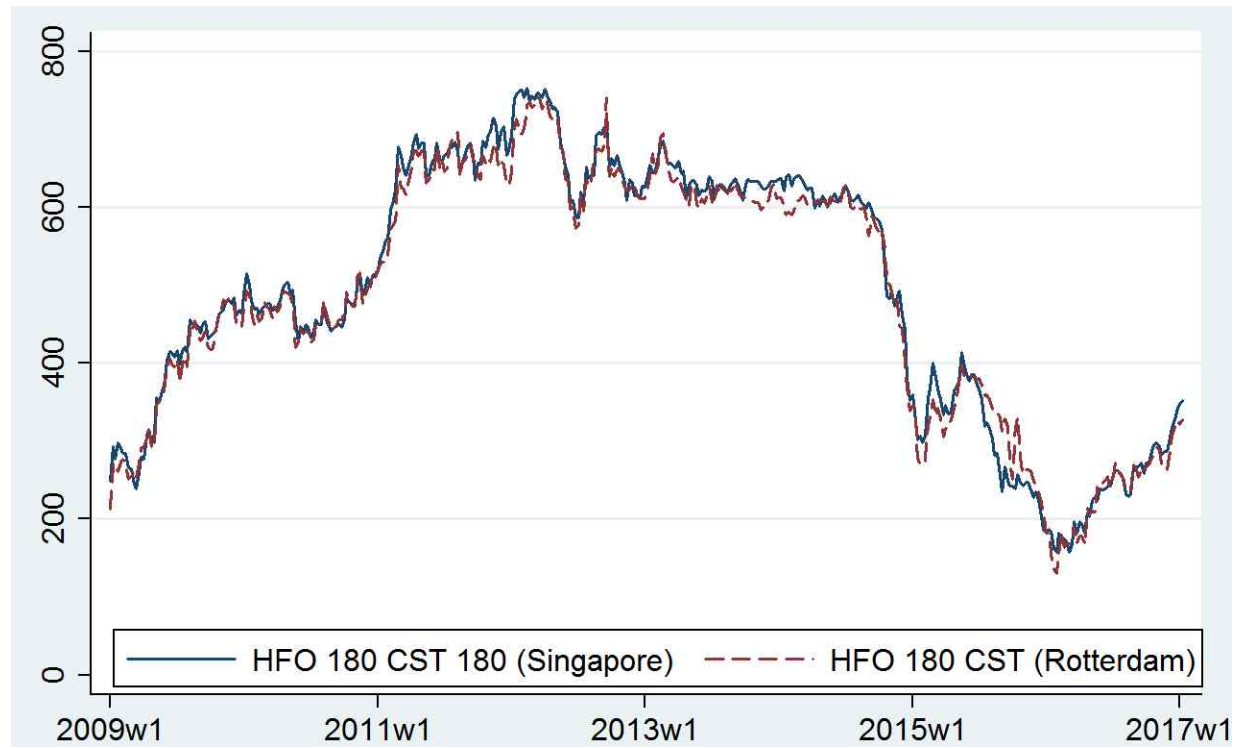
(자료: Clarkson)

7. 로테르담 선박유B간 (HFO 180 CST-HFO 380 CST) 그래프 (US\$/tonne)



(자료: Clarkson)

8. 로테르담과 싱가포르의 HFO 180 간 그래프 (US\$/tonne)



(자료: Clarkson)

9. 로테르담과 싱가포르의 HFO 380 CST 간 그래프 (US\$/tonne)



(자료: Clarkson)

Abstract

A Study on the Characteristics of International Bunkering Oil Price

Jaewoo LEE

Environmental, Energy and Engineering Economics

Department of Energy system Engineering

The Graduate School

Seoul National University

This study extends the studies on coupling, regionalization and causality in the crude oil and product oil into the characteristics of international bunkering oil price. Singapore, U.S.A, U.A.E, Netherland and Republic of Korea are responsible for 60% of the world's bunkering demand. The price fluctuation characteristics of bunkering oil due to competition between bunkering bases located in these areas have empirically been studied.

I selected Singapore and Rotterdam which are ranked as the first and

second largest bunkering port in the world. I selected two types of bunkering oils and 4 types of the product oils. Two types of bunkering oils are HFO (Heavy Fuel Oil) 180 CST and HFO (Heavy Fuel Oil) 380 CST. 4 types of the product oils are Naphta, Premium Gasoline, Jet Kerosene, Gasoil/Diese. The analysis period of the data is 8 years from January 2009 to December 2016 and analyzed monthly and weekly data. I tried to analyze the new price structure after the rapid drop in oil prices in 2008.

I introduced the marine market and international bunkering market In order to understand the bunkering oil subject. As a case study of the marine industry, I have summarized the articles related to the optimal price decision factors of bunkering supply and demand and optimal decision on bunkering harbor. I summarized articles related to coupling and causality in the field of crude oil and product oil market. Data analysis was carried out in the order of time series data stability, time difference cointegration test, and causality test. The results of the analysis can be summarized as follows.

The first hypothesis is ‘whether marine oil market price and other petroleum product market prices are interlinked or not’. In each market, I verified whether two types of bunkering oils and four types of product oils are compatible or not. I carried out the stability of the monthly time series data and the cointegration test. As a result of the cointegration test, every relation have the cointegration, therefore I checked long-term and short-term causality through the error correction model (VECM). Granger causality analysis shows that HFO 180 CST and HFO 380 CST and Premium Gasoline prices were mutually causal in both Singapore and Rotterdam. In Singapore, the price of HFO 180 CST affected the prices of Naphta, Jet/Kerosene and Gasoil/Diesel, and HFO 380 CST

prices affected the price of Naphta. However, the causality between HFO 380 CST price and Jet/Kerosene and Gasoil/Diesel prices could not be confirmed. In Rotterdam, the price of HFO 180 CST affected the price of naphtha, and no causal relationship has been found between price of Jet/Kerosene and gasoil/diesel. The HFO 380 CST price had the same effect on the Naphta price as the HFO 180 CST price, but not on the Jet/Kerosene and Gasoil/Diesel prices. bunkering oil prices tend to be linked to oil prices. When interlocked, bunkering oil prices were influential variables.

The second hypothesis is 'whether the two types of bunkering oils (HFO180 CST price and HFO 380 price) move together in the long run or not.' The Johansen (1991) cointegration test was conducted for monthly and weekly data. However, as a result of the error correction model (VECM) test, it was difficult to confirm meaningful observations in monthly data. Analysis of weekly data showed that HFO 380 CST price was influenced by HFO 180 CST in both Singapore and Rotterdam.

The third hypothesis is 'whether the two markets of Singapore and Rotterdam move together in the maritime trade or not.' The Johansen (1991) cointegration test for monthly and weekly HFO 180 CST prices in Singapore and Rotterdam and the HFO 380 CST price relationship show that all relations were cointegrated. The causality analysis was conducted with the error correction model (VECM). In the monthly data, the HFO 380 CST price in Singapore affected the HFO 180 CST price, in Rotterdam and the HFO 180 CST price was not causally related to the two markets. For the weekly data analysis, the Singapore HFO 180 CST price affected the HFO 180 CST price in Rotterdam. However, there was no causal relationship between the two markets for the HFO 380 CST price. Singapore's bunkering oil prices affected the price of

bunkering oil in Rotterdam.

The results of this study can be used as a basic data to grasp the price competitiveness of existing marine oil market in the process of reviewing the social infrastructure construction policy of eco-friendly ship fuel.

keywords : Bunkering Oil, Coupling, Causality analysis

Student Number : 2015-21328